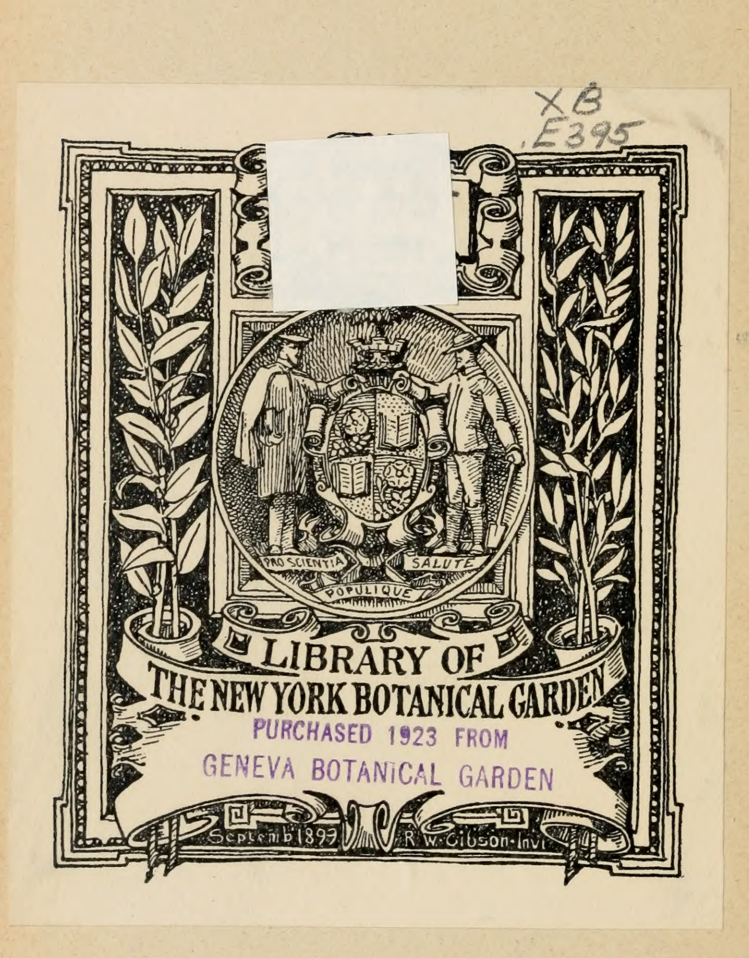
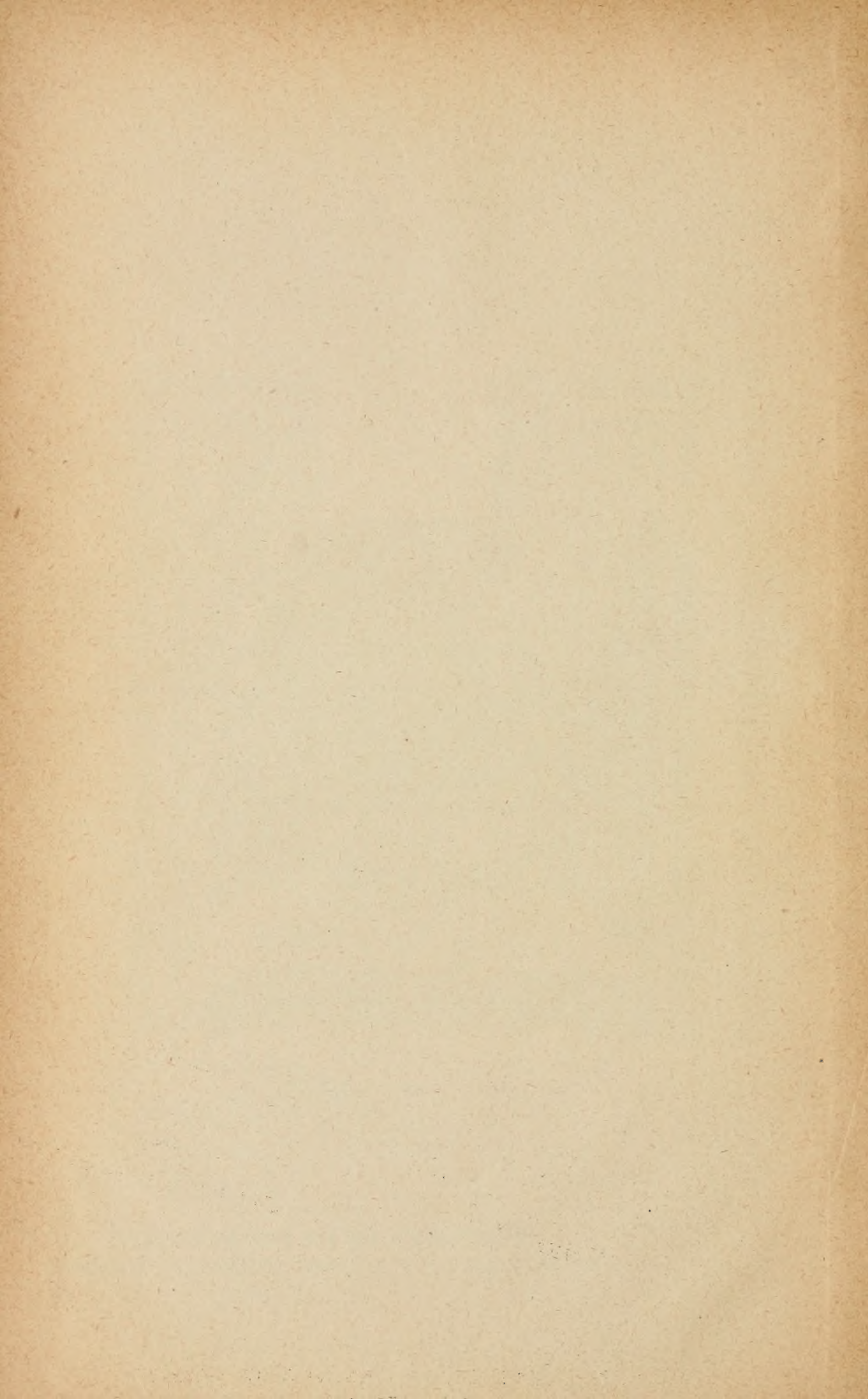



PRO SCIENTIA
SALUTE
POPULIQUE
LIBRARY OF
THE NEW YORK BOTANICAL GARDEN
Septemb 1899
R.W. Gibson. Invt



Beiträge

zur

Biologie der Pflanzen.

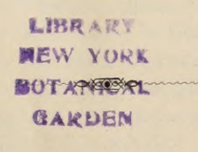
Herausgegeben

von

Dr. Ferdinand Cohn.

Dritter Band.

Mit dreiundzwanzig Tafeln.





Breslau 1883.
J. U. Kern's Verlag
(Max Müller).

Inhalt des dritten Bandes.

Register zum dritten Bande.

Beiträge

zur

Biologie der Pflanzen.

Herausgegeben

von

Dr. Ferdinand Cohn.

Dritter Band. Erstes Heft.

Mit acht zum Theil farbigen Tafeln.

Breslau 1879.
J. U. Kern's Verlag
(Max Müller).

Inhalt von Band III. Heft I.



Anatomie
und Biologie der Gattung Streptocarpus[1]).

Von
Dr. Traugott Hielscher.

Hierzu Tafel I—III.

Bekanntlich enthält der Embryo der Phanerogamen bereits die Anlage der künftigen Pflanze. An dem einen Ende seiner Axe befindet sich die Wurzelanlage, am andern die primäre Knospe, letztere bei den Monokotylen von einem, bei den Dikotylen von den beiden Keimblättern umgeben. Bei der Keimung wird die Samenschale zunächst von der sich vergrössernden Wurzel durchbrochen, welche in den Boden eindringt und das ganze unterirdische Wurzelsystem erzeugt. Der hypokotyle Stengel streckt sich, hebt meistens die Keimblätter über den Boden empor, und während die

[1]) Als der Docent an der Züricher Hochschule, Dr. Wilhelm Kabsch, einer der befähigtsten Schüler unserer Universität, am 19. Juni 1862 auf einem, für pflanzengeographische Zwecke unternommenen Ausfluge in die Appenzeller Alpen, durch einen Sturz von den Felsen des Hohenkastens verunglückte, fand sich in seinem Nachlass der Entwurf einer Arbeit über die Entwickelung der Gattung *Streptocarpus*, welche denselben in seinen letzten Monaten beschäftigt hatte. Das von dem Freunde des Verstorbenen, Herrn v. Berlepsch, mir übergebene Manuscript nebst 4 Blättern Zeichnungen, zu denen jedoch die Erklärung fehlte, war in seinem unfertigen Zustande für die Veröffentlichung nicht geeignet; die überraschenden Thatsachen jedoch, welche Kabsch gewonnen hatte, legten mir die Pflicht auf, die Untersuchung bei gelegener Zeit wieder aufzunehmen. Ich habe deshalb Herrn Dr. Traugott Hielscher veranlasst, die Biologie der Gattung *Streptocarpus* zum Gegenstand einer neuen, selbstständigen Untersuchung zu machen; durch diese Arbeit sind die von Kabsch angedeuteten Resultate zwar in mehreren Punkten berichtigt, in anderen erweitert, in der Hauptsache aber für die Wissenschaft sicher gestellt worden. Ferdinand Cohn.

Blattanlagen der primären Knospe zur Entwicklung gelangen, treten die Kotyledonen allmählich ausser Function und sterben schliesslich ab. Aus der primären Knospe des Embryos entwickelt sich das gesammte oberirdische System der Pflanze mit seiner mehr oder weniger reichen Verzweigung bis zur Ausbildung der Blüthen, Früchte und Samen. Jede Abweichung von diesem Gange ist als Ausnahme zu betrachten. Dahin gehört unter Anderm die Erscheinung, dass bei *Trapa natans* die Hauptwurzel keine Wurzelhaube besitzt, sondern ihre Stelle nur durch Tangentialtheilungen angedeutet ist, und dass statt der Hauptwurzel zahlreiche Adventivwurzeln hervorbrechen, welche die Ernährung der Pflanze bewirken [1]). Bei den Orchideen wird am jungen Embryo überhaupt keine Wurzel gebildet [2]). Die merkwürdigsten Anomalien von den bis jetzt bekannten, hierher gehörigen Pflanzen zeigt *Welwitschia mirabilis.* Bei derselben sind die Keimblätter die einzigen Blätter, welche die Pflanze im erwachsenen Zustande besitzt, sie nehmen grosse Dimensionen an, haben eine lange Lebensfähigkeit und umschliessen mit ihrer Basis einen Stamm, der sich durch complicirtes Dickenwachsthum vergrössert und ohne Endknospe abschliesst.

Die zur Gattung *Streptocarpus* Lindl. gehörigen Pflanzen sind dadurch ausgezeichnet, dass bei ihnen die beiden eben geschilderten Verhältnisse zugleich vorkommen: sie besitzen einen Embryo, bei welchem weder die primäre Wurzelanlage, noch die primäre Endknospe zur Ausbildung gelangt.

Die Gattung *Streptocarpus* gehört nach Endlicher [3]) zu der Tribus der *Didymocarpeen,* diese bilden mit den *Eucyrtandreen* (gen. *Cyrtandra* u. a.) den Subordo der *Cyrtandreae.* Die *Cyrtandreen* unterscheiden sich von den *Gesnereen,* mit denen sie gewöhnlich in die Familie der *Gesneraceen* vereinigt werden, hauptsächlich dadurch, dass die ersteren kein Sameneiweiss besitzen, während es bei den letzteren vorhanden ist. Aus diesem Grunde haben mehrere Autoren [4]) die *Cyrtandreen* als eigene Familie abgetrennt und den Namen *Gesneraceen* auf Endlicher's *Gesnereen* übertragen.

---

1) Vgl. Sachs Bot. ed. IV. p. 569. De Bary Vergl. Anatomie der Vegetationsorgane p. 430.

2) Sachs a. a. O. 167.

3) Gen. pl. vol. I. p. 717.

4) z. B. Hanstein in seinen Abhandlungen über die *Gesneraceen* des botanischen Gartens etc. zu Berlin, Linnaea Jahrg. 1854 und 1855.

Die Heimath der *Gesnereen* ist ausschliesslich das tropische Amerika, während die *Cyrtandreen* in Australien, Asien (tropische Inseln, am Himalaya), endlich in Süd-Afrika einheimisch sind. Nur von hier war eine Zeitlang unsere Gattung *Streptocarpus* bekannt und zwar mit der einzigen Species *Str. Rexii,* welche Lindley 1828 (Bot. Reg. XIV. t. 1173) beschrieben und abgebildet hat. Horsfield pl. Jav. var. 1838 p. 119 beschrieb sodann eine ganze Reihe neuer Arten. Im Botanical-Magazine vom 1. Mai 1855 endlich findet sich die erste Mittheilung von Sir W. Hooker über *Streptocarpus polyanthus*, diejenige Art, die wir bei unsern Untersuchungen hauptsächlich zu Grunde gelegt haben. Später erschienen im Bot. Mag. noch Abbildungen und Beschreibungen anderer Species von südafrikanischen *Streptocarpus*-Arten, welche sich hiernach dem *Str. polyanthus* in allen wesentlichen Stücken gleich verhalten[1]). Wir lassen die betreffende Stelle unten im Original folgen[2]). Die erste etwas ausführlichere Notiz über die Entwicklung der Pflanze dürfte eine vorläufige, aus dem Jahre 1859 datirende Mit-

[1]) Auch andere *Cyrtandreen*-Gattungen scheinen sich analog wie *Streptocarpus* zu verhalten z. B. *Acanthonema strigosum* (Schnitzlein Iconogr. 152 b); doch habe ich darüber keine sichern Beobachtungen ermitteln können.

[2]) Among the roots of some living Ferns, kindly brought to us from Natal by Captain Garden, there appeared, in the summer of 1853, sendlings of a plant, whose leaves, few in number, and pressed close to the soil, gradually developped themselves, till the larger ones, in the following season (December) became a foot long. From between the sinuses of these leaves or directly from the root there emerged one to three scapes, attaining altogether a foot in hight, bearing good-sized panicles of an undescribed, if not wholly unknown, species, of the curious genus *Streptocarpus*, . . . but it was quite impossible to include the entire foliage in an octavo page. . . . It is a species widely different from the only hitherto described South-African species *Streptocarpus Rexii*, and equally, or more so, from the Madagascar species of Brown and DeCandolle, all of which are caulescent, with axillary inflorescence. Description: Leaves few, about two pair lying close to the ground, and, as it were, pressed down upon the soil, these pairs are extremely inequal in size; one is nearly a foot long in one living plant, the opposite one scarcely two inches, both are alike in shapes cordato-oblong, rugose, downy, reticulately veined, the margin somewhat undulated and closely crenated: beneath, the veins are prominent, and the surface more downy. From one to three scapes arise from the sinus, of the large leaf, a foot and more high, bearing a panicle, often bifid in the primary ramification, and many short divaricating subfasciculated pedicels, rarely bracteated, downy. Calyx hairy, with a short ovate tube, and five erect linear teeth or lobes to the limb, of which one is nearly twice the length of the rest. Corolla an inch and a half long, and as broad in the limb, delicate pale-blue, veined. Tube much curved, limb very oblique, of five,

theilung Prof. Caspary's sein[1]). Etwas später beschäftigte sich Kabsch mit der anatomischen und entwicklungsgeschichtlichen Untersuchung der merkwürdigen Pflanze. Sein früher unglücklicher Tod im Jahre 1862 hinderte ihn jedoch am Abschluss der Arbeit. In das hinterlassene Manuscript desselben erlangte ich durch die Güte des Herrn Prof. Dr. Cohn Einsicht; derselbe forderte mich auf, die interessante Untersuchung von Neuem vorzunehmen und mit den inzwischen so verbesserten Mitteln der Wissenschaft womöglich zum Abschluss zu bringen.

Es sei mir gestattet, Herrn Prof. Dr. Ferd. Cohn, in dessen pflanzenphysiologischem Institut die vorliegende Arbeit vor drei Semestern begonnen wurde, für die Anleitung, die ich von demselben während meiner Studien empfangen habe, besonders aber für die unausgesetzt bereite Unterstützung und thätige Förderung dieser Arbeit, meinen aufrichtigsten Dank ehrerbietigst auszusprechen. Gleichfalls zu Dank verpflichtet bin ich Herrn Geh. Rath Prof. Dr. Goeppert für die aus dem Breslauer botanischen Garten mir gütigst überlassenen Pflanzen, sowie demselben und Herrn Prof. Dr. Paul Ascherson für bereitwillige Mittheilung der betreffenden Literatur; endlich dem Königl. botanischen Garten zu Berlin, aus dem ich durch freundliche Vermittlung des Garteninspectors Herrn Bouché den grössten Theil des verwendeten Materials erhalten habe.

Wir betrachten nach einander folgende Hauptpunkte:

I. *Same, Keimung.*
II. *Anatomie und Entwicklung der Vegetationsorgane.*
III. *Anatomie und Entwicklung der reproductiven Organe; Embryologie.*

I. Same, Keimung.

1. **Die Samen** von *Streptocarpus (polyanthus)* sind entsprechend der grossen Zahl, in der sie in einer Frucht entstehen, ausserordentlich klein; sie erreichen kaum 0,2^{mm} in der Breite und etwa das Doppelte bis Dreifache in der Länge. Sie sind von länglich-eiförmiger Gestalt, an beiden Enden zugespitzt, ihre braune Oberfläche mit unregelmässigen Längs- und Querleisten, (entsprechend den Gren-

spreading, reticulated, cuneated, trothed lobes. Stamens inclined; fertile ones two, inserted near the middle of the tube: sterile ones near the base. Filament hairy. Ovary cylindrical, hairy, with a short cylindrical style and a conical stigma.

[1]) In den Verh. des naturhist. Ver. der preuss. Rheinl. und Westfalens. XV. Bd. (abgedr. in Flora J. 1858 p. 120).

zen der Oberflächenzellen), verdickt. Um ihre Anatomie festzustellen, wurden sie nach der von Kerner angegebenen Methode etwa eine Minute in Alkohol gelegt, um jegliche Spur von Wasser von ihrer Oberfläche zu entfernen, sodann in ein flüssig gemachtes Gemisch von etwa 2 Th. Paraffin und 1 Th. Talg eingebettet, und da man sie leicht in jeder beliebigen Lage festlegen kann, gelang es auf diese Weise, sowohl Längs- als Querschnitte von ihnen herzustellen.

Die den Samen umgebende Schale ist eine derbe, mehrschichtige Haut. Ihre äussersten Schichten sind, wie die Entwicklung des Embryo zeigen wird, aus dem halb abgestorbenen Integument der Samenknospe hervorgegangen und die Zellen derselben erscheinen nach der Behandlung mit Kali als eine braune structurlose Masse (in Fig. 2 T. I. angedeutet). Die innerste Zellschicht der Samenschale, welche aus dem Knospenkern hervorgeht, besteht aus nahezu würfelförmigen, in Kali stark quellenden Zellen. Im Leben sind sie mit dichtem körnigem Inhalt angefüllt. Derselbe ergiebt auf Jodjodkalium keine blaue Reaction, ist also stärkefrei; (Fig. 2 zeigt diese Zellschicht im Querschnitt.)

2. **Der Embryo** füllt, da Endosperm nicht vorhanden ist, die Samenschale fast vollständig aus; seine Structur deutet schon auf eine völlig anormale Entwicklung hin. Die Gliederung ist nicht so weit fortgeschritten, dass man Stengel, Keimblätter, Knospe und Wurzel unterscheiden kann, vielmehr lässt er nichts weiter als einen hypokotylen Stengel und 2 Kotyledonen erkennen. Letztere sind von gleicher Grösse und beide etwas um einander gebogen. Die andre Hälfte des Embryos ist als hypokotyler Stengel zu betrachten. Beide, sowohl Kotyledonen als Stengel zeigen auf dem Querschnitt sehr schön die Differenzirung von Plerom und Periblem, ersteres scharf gegen das letztere abgesetzt. Der Scheitel des Stengelchens, an dem man die Knospenanlage erwarten sollte, zeichnet sich durch nichts von dem übrigen Gewebe aus und die spätere Entwickelung macht es vollends klar, dass eine Endknospe, ja sogar ein Vegetationspunkt überhaupt nicht vorhanden ist.

Am entgegengesetzten Ende setzt sich das Plerombündel des Stengels scharf gegen die umgebenden Zellen ab und diese laufen von einer Seite über den Scheitel nach der andern ununterbrochen fort, ohne dass auch nur eine Spur einer Wurzelhaube zu entdecken ist.

Der Embryo von *Streptocarpus (polyanthus)* entbehrt daher einerseits einer Wurzelanlage, andrerseits des Vegetationspunktes an der Stelle der Endknospe.

Fast alle übrigen Verhältnisse folgen aus diesen beiden Thatsachen.

3. **Keimung.** Um die Samen zur Keimung zu bringen, wurden dieselben theils in feuchter Erde ausgesät, theils in den Keimapparaten, welche im Pflanzenphysiologischen Institute benutzt werden, einer feuchten Wärme von 20—25° C. ausgesetzt. Dieselben bestehen aus einem doppelwandigen blechernen Kasten, der durch einen gläsernen Deckel geschlossen werden kann. Der Raum zwischen den beiden Wänden wird mit Wasser gefüllt und dies durch eine kleine Gasflamme erwärmt. Um die Wärme auf einem bestimmten Punkt erhalten zu können, ist ein Gasregulator, sowie zur Controle ein Thermometer in das Wasser eingesenkt. Die Samen, welche keimen sollen, kommen, nachdem sie 24 Stunden im Wasser gequellt sind, auf feuchtgehaltenen Thonschalen (gewöhnliche Untersätze von Blumentöpfen, mit einem Thondeckel bedeckt, sind dazu verwendbar) in das Innere des Kastens. In feuchter Erde keimen die Samen nach ungefähr 14 Tagen, im Keimapparat jedoch brauchen sie etwas längere Zeit; indessen sind auch hier die meisten nach 3 Wochen gekeimt.

Manche Samen von *Streptocarpus polyanthus* sind trikotyl, und diese Exemplare befanden sich regelmässig unter den zuletzt gekeimten.

Nachdem man die Samen in die zur Keimung erforderliche Umgebung gebracht hat, quellen sie zunächst durch Wasseraufnahme beträchtlich auf und nach Verlauf der angegebenen Zeit wird die Samenschale gesprengt. Das Zerreissen derselben tritt meistens an demjenigen Ende ein, welches dem Wurzelende entspricht, indessen kommen auch Fälle vor, wo die Keimblätter zuerst sichtbar werden. Nach wenigen Tagen wird die Samenschale ganz abgestreift, die obern Theile des jungen Pflänzchens, die vorher blass gelbgrün erschienen, färben sich bald lebhaft grün; die beiden Kotyledonen breiten sich auseinander, man kann ihre fast kreisrunde Form deutlich erkennen. In der Grösse (etwa 0,5 mm.) ist in der Mehrzahl der Fälle mit blossem Auge kein Unterschied der beiden Keimblätter zu erkennen, genaue mikroskopische Messungen haben aber an vielen Exemplaren schon unmittelbar nach der Keimung ergeben, dass der eine Kotyledon etwas grösser ist als der andere. Das entgegengesetzte Ende der Keimpflanze krümmt sich nach der Erde zu, dringt in dieselbe ein, durch Streckung der Zellen auf der concaven Seite wird dann der Stengel wieder gerade, die Keimblätter vom Boden erhoben.

Das in die Erde eingedrungene Stengelende ist wegen Mangel eines terminalen Vegetationskegels nicht befähigt, sich weit zu entwickeln; sein Wachsthum, das nur auf Streckung des meristematischen Zellgewebes beruht, ist vielmehr von äusserst kurzer Dauer.

4. **Die Anatomie des Stengels** selbst zeigt ein axiles vom Rindenparenchym umgebenes Gefässbündel. Eine Epidermis ohne Spaltöffnungen giebt die äussere Begrenzung.

Das Ende des Stengels wächst durch Streckung und beschränkte Theilung seiner Zellen zu einer keuligen Anschwellung aus, welche aus parenchymatischen grösseren und kleineren Zellen, durchweg von gleicher Beschaffenheit, besteht. Eine Anzahl der Oberflächenzellen wächst in lange Haare aus, die mehr oder weniger gebogen, das abgerundete Ende des Stengels umgeben und im Boden befestigen. Inmitten dieser Zellmasse liegt ein axiler schon nach kurzer Zeit fertig ausgebildeter Gefässbündelstrang. Im Plerom treten nämlich schon kurz nach der Keimung zunächst in einer axilen Zellreihe zarte ringförmige oder spiralige Verdickungen auf, bald zeigen dieselben Verdickungen sich auch in den benachbarten Reihen von Zellen; die auf solche Weise entstandenen Tracheen bilden dann mehrere Reihen. Rings umgeben sind dieselben von länglichen Zellen, welche zarte, etwas gefaltete Wände haben und ohne Zweifel dem Siebtheil entsprechen. Eine besondere Endodermis konnte ich nicht unterscheiden.

5. **Adventivwurzeln.** Unmittelbar nachdem das untere Stengelende die beschriebene Form angenommen hat, entsteht dicht oberhalb desselben die erste Adventivwurzel und zwar, wie gewöhnlich, an der Peripherie des Gefässbündels. Die Anlage der Seitenwurzel drängt die Rinde und Epidermis des Stengelchens zuerst hervor und durchbricht diese Gewebe nach einiger Zeit. Soweit bei genauer Einstellung an unverletzten Wurzeln die Verhältnisse erkennbar waren (Fig. 5. T. I.), wird die Wurzelhaube aus einer einzigen Zellschicht gebildet, Plerom und Periblem werden deutlich getrennt. Die Epidermis besteht aus länglichen, etwas verschobenen Zellen. Oberhalb dieser ersten Adventivwurzel entsteht dann auf die nämliche Weise eine zweite, weiter eine dritte in basifugaler Richtung, jede folgende (zuerst wenigstens) immer näher an den Cotyledonen. Alle Adventivwurzeln sind auf ihrer Oberfläche von zarten einzelligen Haaren bedeckt. Da diese Haare sich eng an ihre Umgebung anschliessen, so ist es schwer, die Wurzeln selbst von anhaftenden Erdtheilen und Fragmenten von kleinen Steinen zu isoliren, und es sind deshalb die Exemplare, wie sie im Keimkasten erhalten

werden, für das Studium der ersten Stadien vorzuziehen. Diese Adventivwurzeln übernehmen bald die Ernährung der jungen Pflanze, denn allmählich stirbt der primäre Stengel ab.

Nur wenn, wie es bisweilen geschieht, gerade am Scheitel des Stengelchens sich ebenfalls eine Adventivwurzel bildet, diese dann die beschriebene Anschwellung durchbricht, so dass sie als unmittelbare Fortsetzung des Stengels erscheint, bleibt das Ende des Stengels selber erhalten. Eine genaue Untersuchung zeigt aber jedesmal, dass wir es auch in den wenigen Fällen, wo diese Bildung eintritt, mit einer adventiv und endogen entstandenen Wurzel zu thun haben.

6. **Die Keimblätter** stellen, wenn sie aus der Schale hervorgebrochen sind, vorerst, mit Ausnahme des durch ihre Mitte gehenden schmalen Pleromstranges, ein gleichmässiges Gewebe zartwandiger parenchymatischer Zellen dar. Gleichzeitig mit der Umbildung des Stengelpleroms in Gefässbündel geht derselbe Vorgang auch im Plerom der Kotyledonen vor sich, welche demzufolge von einem radialen sehr einfachen Gefässbündel durchzogen werden; schon wenige Tage nach der Keimung sind in diesen Ring- oder Spiraltracheiden erkennbar. Zur selben Zeit sind auch schon die Spaltöffnungen auf beiden Kotyledonen in grosser Zahl auf der Unterseite, selten und vereinzelt auf der Oberseite, gebildet.

War nun schon bei vielen Exemplaren während der Keimung durch mikroskopische Messung eine Differenz in der Grösse der beiden Keimblätter zu erkennen, so tritt dies nach kurzem Wachsthumsverlauf so deutlich zu Tage, dass sie auch makroskopisch gut sichtbar wird. Während der eine Kotyledon, sich fort und fort vergrössernd, bedeutende Dimensionen erreicht, bleibt der andere immer mehr zurück und stirbt schliesslich ganz ab.

Vierzehn Tage nach der Keimung haben die Pflänzchen etwa 3—5$^{mm.}$ Länge, ihr grösserer Kotyledon ist dann etwa 1,5$^{mm.}$ in der Breite ausgedehnt; er übertrifft dann den andern bereits um das Vierfache seiner Länge. Ihre früher kreisförmige Gestalt ist eine etwas andere geworden, der kleinere ist jetzt nierenförmig, der grössere eiförmig, am Grunde herzförmig.

Inzwischen ist auch eine deutliche Scheidung der das Blatt zusammensetzenden Zellschichten eingetreten. Unmittelbar unter der Epidermis befindet sich eine einreihige, chlorophyllreiche Pallisadenschicht, unter dieser liegen (anfangs nur 2) Schichten eines ziemlich festen Parenchymgewebes, die Hauptmasse des Blattes bildend, welche von der Epidermis der Unterseite bedeckt wird. Die Spaltöffnungen

werden wir gelegentlich der Anatomie des erwachsenen Blattes betrachten.

Bekanntlich sind in der grossen Mehrzahl der Gewächse die Gewebe der Blätter nur kurze Zeit theilbar und später geschieht die weitere Vergrösserung des Blattes ausschliesslich nur noch durch Streckung der schon vorhandenen Zellen. Ganz anders bei unserer Pflanze. Der grössere Kotyledon wächst hier zu einem grossen Laubblatt aus (welches in der Heimath bis einen Fuss lang wird), und dieses Laubblatt ist bis nach der Blüthe das einzige Blatt, welches die Pflanze überhaupt besitzt. Diese aussergewöhnliche Vergrösserung beruht darauf, dass das Gewebe am Grunde des Blattes und im Blattstiel sehr lange Zeit hindurch theilungsfähig bleibt, während am Blattrande die Theilungsthätigkeit zuerst zum Stillstand kommt und das Meristemgewebe in Dauergewebe übergeht. Dieser Unterschied ist auf Fig. 6 und 7 T. I. (beide mit derselben Vergrösserung mit Hilfe des Zeichenapparates hergestellt) für die Epidermiszellen dargestellt. Dieselben sind am Rande von unbestimmt vieleckigem Umriss, fast jede Wand winkelartig gebrochen; am Scheitel dieser Winkel (auf der convexen Seite) ragen meist noch kleine Fortsätze in die Zellen hinein, die dann später bei fortschreitendem Wachsthum allmählich wieder verschwinden. Die Zellen am Grunde des Blattes dagegen zeigen 4—8 fach kleinere Zellen, sämmtlich mit graden und zarteren Wänden und viel dichterem Inhalt. Am kleineren Kotyledon finden wir zu derselben Zeit nur die ersterwähnten Epidermiszellen mit gebrochenen Wänden, theilungsfähiges Gewebe ist dagegen nicht vorhanden, daher kann Vergrösserung desselben nur noch durch Zellstreckung zu Stande kommen, und da diese naturgemäss beschränkt ist, so liegt auch das Wachsthum des ganzen Blättchens innerhalb bestimmter, ziemlich enger Grenzen.

Das mediane Gefässbündel verzweigt sich in dem rudimentär bleibenden Kotyledon gar nicht, sondern durchläuft denselben auch am Schluss seiner Vegetationszeit noch als ein einfacher Strang in dem grösseren Kotyledon tritt Verzweigung des Gefässbündels schon in der bis jetzt betrachteten Zeit ein. Durch Theilung von Zellen des Grundgewebes in der Nähe des ursprünglichen Bündels entstehen am Blattgrunde zunächst Stränge von procambialen Zellen, aus denen Bündeläste hervorgehen. Die Verzweigungen gehen vom primären Bündel ab, laufen zum Rande, biegen dort nach rechts oder links rechtwinklig um, laufen ein Stück mit dem Rande parallel und

treffen schliesslich auf einen andern Ast derselben Ordnung, indem sie Schlingen bilden. Die secundären Nerven werden durch tertiäre verbunden, diese durch quaternäre u. s. w. und so entsteht schliesslich die vollständige netzadrige Nervatur.

7. **Trichome.** Kotyledonen sowie Stengel tragen auf ihrer Oberfläche verschiedenartige Trichome. Zuerst sind drüsenähnliche Köpfchen zu erwähnen, die in grosser Anzahl am Grund und Rand der Keimblätter, weniger auf der Oberfläche derselben und des Stengels entstehen. Sie entstehen durch Theilung einer Epidermiszelle und stellen im ausgebildeten Zustande ein 2- (oder 4-) zelliges kugliges Köpfchen dar, von einem einzelligen Stiel getragen. Die eigentlichen Haare sind sehr lang, kegelförmig und bestehen meist aus einer einfachen Reihe von 4 Zellen; bei den einen ist die Endzelle keulig angeschwollen, bei den andern läuft sie in eine scharfe Spitze aus. Jene scheinen den jüngeren Pflanzentheilen anzugehören, diese kommen zwar auch schon auf solchen vor, ihre eigentliche Stelle aber ist auf allen älteren Organen und übrigens ist zwischen beiden eine scharfe Grenze kaum zu ziehen. Die kleine Basalzelle des Haarfusses ist von 8 über die andern etwas erhobenen Zellen umgeben.

II. Entwicklung und Anatomie der Vegetationsorgane.

1. **Entwicklung der Kotyledonen.** Während der eine Kotyledon den andern an Grösse beträchtlich überflügelt, erhebt er sich zugleich über denselben. Die Kotyledonen sind nämlich zuerst fast sitzend, erst mit fortschreitendem Wachsthum entwickelt sich am Grunde des grösseren, welcher sich zu einem Laubblatt ausbildet, ein kurzer Blattstiel. Der kleinere bleibt sitzend, wie er von Anfang an gewesen ist. Das ganze untere Ende des Stengels wird von einem Gewirre von Adventivwurzeln vollständig bedeckt, dieselben, reich verzweigt, überschreiten schliesslich die Stelle, wo sich der zweite Kotyledon abzweigt und brechen nunmehr auch aus dem Blattstiel des ersten heraus. Letzterer verdickt sich sehr beträchtlich in Länge und Breite, das Laubblatt selbst vergrössert sich bedeutend, der andre nicht entwickelte Kotyledon aber wird welk und stirbt endlich ab, doch tritt der Punkt, an dem dies geschieht, bei verschiedenen Individuen nicht zu gleicher Zeit ein; die äusserste Zeit, wo ich den zweiten Kotyledon noch auffand, waren 2 Monate nach der Keimung, seine Grösse wechselte zwischen 2 und 5 mm.; während das grössere Laubblatt bereits bis 3 cm. Länge erreicht hatte. Mit dem zweiten Keimblatt zugleich stirbt auch der primäre Stengel ab; die Stelle, wo sein Platz gewesen ist, kann später nur

an einer dünnen Korkschicht erkannt werden, welche den weiter fortwachsenden Kotyledon am Grunde abgrenzt.

Indem dieser sich zum Laubblatt bildet, verändert er seine Gestalt nur in sofern, dass dieses etwas spitzer wird. Sein Rand ist gekerbt, die viel verzweigten meist unter rechtem Winkel an einanderstossenden Rippen treten auf der Unterseite ungewöhnlich kräftig hervor, so dass die Blattfläche auf der Oberseite zwischen dem Rippennetz gewölbt erscheint, während letzteres auf der Unterseite im starken Relief vorspringt; das ganze etwas wellige Blatt ist sowohl auf der Ober- als besonders auf der Unterseite dicht mit den oben erwähnten, in eine Spitze auslaufenden, kegelförmigen Haaren bedeckt; die Lamina neigt sich an dem herzförmigen Blattgrunde von beiden Seiten über dem Blattstiel zusammen. (Vgl. Fig. 8, T. I.)

So besteht denn nunmehr unsere ganze Pflanze aus diesem einzigen Blatte, welches nach Art eines Blattstecklings[1]) mit der Unterseite seines Stieles durch Adventivwurzeln im Boden befestigt wird und auf demselben dicht aufliegt. Im Verlauf bleibt nun, bis das Blatt vollständig ansgewachsen ist, die Form wesentlich dieselbe, die Farbe auf der Oberseite wird dunkler, auf der Unterseite röthlich. Die Grösse dieses Blattes war sehr verschieden. An den meisten Exemplaren betrug seine Länge nur 10—15 cm., es kamen jedoch auch einzelne Exemplare vor, welche sich den riesigen Dimensionen, die sie in der Heimat erreichen (bis 1 Fuss) stark annäherten. Ein aus Erfurt bezogenes blühendes Exemplar (Fig. 1. T. I.) besass ein dickes, ovales, fast kreisrundes Blatt von 20 cm. Länge und 17 cm. Breite, die in der Erde steckende zusammengedrückt cylindrische Blattstielbasis hatte einen Querdurchmesser von 14 mm. erreicht und war von einem Gewirr von Adventivwurzeln bedeckt.

Die von uns cultivirten Exemplare hatten die völlige Grösse jedoch nicht erreicht, vielmehr legten dieselben, weil zweijährig, in einem Sommer nur die Hälfte ihrer Entwicklung zurück, während die Ausbildung der Blüthenstände, sowie der etwa entstehenden adventiven Laubsprosse dem zweiten Jahre vorbehalten bleibt.

2. **Die Adventivwurzeln** entstehen am Blattstiel endogen in derselben Weise, wie wir dies für den Stengel angegeben haben, doch habe ich die ersten Entwicklungsstadien nicht auffinden können.

Der Centralcylinder, welcher die Adventivwurzeln durchzieht, enthält zuerst, wie wir oben gesehen haben, nur eine einzige axile Trachee, später entsteht parallel mit dieser eine zweite, dann eine

---

[1]) Vergl. die folgende Abhandlung von Dr. E. Beinling.

dritte u. s. w. Selten liegen diese unmittelbar nebeneinander, vielmehr sind sie meist durch Grundgewebe getrennt. (Füllgewebe.) Nach Präparaten von jungen Wurzeln (vgl. Fig. 9. T. I. Querschnitt) sind dieselben als triarch zu bezeichnen, d. h. die Elemente des Xylems sind in 3 Reihen radial angeordnet, mit denen 3 Bündel äusserst zarter Phloemparthien alterniren, die Wurzel zeigt daher normalen Bau; bei älteren Wurzeln lässt sich allerdings eine derartige Vertheilung nicht mehr erkennen, die Gefässe liegen einzeln oder zu zwei und drei ohne erkennbare Ordnung in dem Verbindungsgewebe zerstreut, und ebenso scheint der Weichbast unregelmässig zerstreut zu sein. Die Tracheen sind, wie schon erwähnt, netz- oder ringfaserig verdickt.

Rings ununterbrochen umgeben ist der ganze Centralcylinder der Wurzel von der Endodermis oder Schutzscheide, die als die innerste Schicht des Rindenparenchyms bezeichnet werden muss. Die Zellen derselben sind in der Jugend zart, dagegen bei älteren Wurzeln stärker verdickt (so zwar, dass die an das Rindenparenchym angrenzende Wand immer bedeutend stärker ist als diejenige, welche auf der Innenseite liegt und das Füllgewebe des Gefässcylinders umschliesst). Die Casparischen Punkte sind nur an jungen Exemplaren zu erkennen.

Das übrige Rindengewebe lässt bei vollkommen ausgewachsenen Wurzeln hier, wie bei allen Phanerogamen, zwei Schichten erkennen. Die äussere Schicht ist in concentrische Reihen angeordnet, etwa 3—4 Kreise dick, sie besteht aus dünnwandigen Zellen ohne Intercellularräume und Tüpfel und ist gegen die andre ziemlich scharf abgesetzt. Die innere dagegen, welche wir mit De Bary als hypoderme Rindenschicht bezeichnen, ist etwa 5 Reihen stark und zusammengesetzt aus stärker verdickten, deutlich getüpfelten Zellen mit Intercellularräumen, ebenfalls in concentrischer Anordnung. Auf dem Längschnitt erscheinen die Zellen der äusseren Schicht etwa würfelförmig, die der innern dagegen etwa 2—3 mal so lang als breit.

Die Wurzelspitze (vgl. Fig. 12 T. II.) lässt einen umfangreichen Pleromcylinder erkennen, von ihm scharf getrennt eine Hülle von Periblem, die Initialschicht liegt über dem Periblem, das Pleromböndel ist geschlossen, Wurzelhaube und Dermatogen deutlich entwickelt. Die Wurzel gehört daher nach Janczewski dem dritten Typus an, wo das Periblem, vom Plerom scharf getrennt, über dem Pleromscheitel mit einer gemeinsamen Initialschicht für Dermatogen und Wurzelhaube versehen ist.

Die adventiven Wurzeln verzweigen sich mehrfach und erreichen

etwa 7 cm. Länge, sie umfassen den Blattstiel, an dem sie entstanden sind, zuletzt fast vollständig.

3. **Der Blattstiel** ist, wie wir oben sahen, erst einige Zeit, etwa einen Monat nach der Keimung, von der Spreite deutlich abgesetzt. Die Anatomie desselben ist anfänglich der des Stengels vollständig gleich: parenchymatisches Gewebe mit einem medianen Gefässbündel. Da diese Gewebe jedoch, statt in Dauergewebe überzugehen, in theilungsfähigem Zustande verharren, so entstehen nach und nach im Blattstiel neue Stränge, die so geordnet sind, dass sie eine nach der Oberseite des Blattes offene Rinne bilden und daher einen halbkreisförmigen Querschnitt zeigen; die jüngsten Bündel liegen an den beiden Enden dieses Halbkreises. Durch dieses successive Entstehen neuer Gefässbündel und durch seine lange Theilungsfähigkeit ist das Gewebe des Blattstiels wie des Blattgrundes zu so anhaltendem Wachsthum und so langem Leben befähigt. Der Blattstiel erreichte in den von uns cultivirten Exemplaren schliesslich eine Dicke von 5—8 mm., seine Länge betrug ungefähr ebensoviel; bei dem auf p. 11 erwähnten Erfurter Exemplar hatte der Blattstiel die Stärke eines Mannesdaumens erreicht; in der Heimat mögen die Dimensionen entsprechend der noch bedeutenderen Grösse des Blattes, beträchtlicher sein.

Auf einem Querschnitte (Fig. 13 T. II.) erblickt man den Halbkreis der Gefässbündel, jedes derselben lässt in collateraler Anordnung Holz- und Basttheil unterscheiden, letzteren nach aussen gewendet, zwischen beiden liegt eine Cambialzone, die nach aussen neues Phloëm, nach innen neues Xylem erzeugt und sich als interfasciculares Cambium über die Grenzen der Gefässbündel durch die Zwischenräume von einem zum andern fortsetzt. Das parenchymatische Gewebe innerhalb und ausserhalb des Gefässbündelkreises ist von gleicher Beschaffenheit und besteht aus Zellen, die zu langer Vermehrung durch Theilung befähigt sind. Fig. 15. T. II. zeigt einen Theil desselben mit vielen secundären und tertiären Scheidewänden. Das Parenchym grenzt nach aussen an eine schön entwickelte Collenchymschicht, und diese, etwa 2 Zellschichten stark, wird unmittelbar von der auf der Blattoberseite mehrschichtigen Epidermis umschlossen.

Auf dem Längsschnitt des Blattstiels erscheinen die Parenchymzellen in geraden Längsreihen angeordnet, die oben isolirten Gefässbündel anastomosiren nach unten zu vielfach und um den Grund des Blattstiels herum finden wir ganze Lagen von unregelmässig nach

allen Richtungen orientirten, untereinander zusammenhängenden Tracheïden (netzförmig verdickten Zellen, während im Blattstiel weiter oben wirkliche Spiralgefässe vorhanden sind). Unterhalb dieser Stelle schliesst eine dünne Korkschicht den Blattstiel gegen den Boden ab, nachdem das primäre Stengelglied abgestorben ist.

Die Stelle, wo der unentwickelte Kotyledon mit der übrigen Pflanze in Verbindung gestanden hatte, ist wegen der Kleinheit desselben und wegen der Ueberwucherung durch Wurzeln, die auch manchmal absterben, an erwachsenen Exemplaren nicht auffindbar gewesen.

Ausserordentlich reich entwickelt ist die Nervatur des Blattes; selbst zu der Zeit, wenn schon die Blüthenstände angelegt sind, ist der unterste Theil des Blattes noch nicht ganz ausgewachsen, vielmehr stehen hier die Rippen noch ganz nahe neben einander und die Lamina, von langen Haaren fast zottig, zeigt ein sehr zartes Grün. Der anatomische Bau der Blattrippen ist wesentlich dem des Blattstiels analog.

4. **Das Blatt selbst,** welches bei den früher besprochenen Keimpflanzen aus nur 3 Zellschichten zwischen der beiderseitigen Epidermis bestand, hat sich bei der Entwicklung des Kotyledonen zum Laubblatt bedeutend verändert. Die unter der Epidermis der Blattoberseite gelegene Pallisadenschicht besteht aus einer Reihe von prismatischen Zellen, welche an einander dicht anliegen und mit Chlorophyll fast vollständig angefüllt sind. Die übrige Masse des Blattgewebes bis zur unterseitigen Epidermis ist jetzt aus kugligen Zellen mit zahlreichen Intercellularräumen gebildet, welche meist auffällige ringförmige Verdickungen, eine oder mehrere auf einer Zellfläche zeigen. Diese Kreise rühren daher, dass die Zellwand an den Intercellularräumen stark verdickt ist, während diejenigen Seiten, wo je zwei Zellwände unmittelbar auf einander stossen, wenig oder gar nicht verdickt sind. (Fig. 14. T. II.)

Die Spaltöffnungen befinden sich fast ausschliesslich auf der Unterseite des Blattes, auf allen Seiten von Haaren umgeben und fast verdeckt. Die beiden Schliesszellen sind klein, von ovaler Form und ragen dadurch, dass sie auf 2, an und für sich schon etwas erhabenen Zellen aufsitzen, über die Blattfläche hervor. Die Athemhöhle ist etwa so gross, wie die 4 Zellen zusammengenommen.

Ehe wir aber diesen Zustand der Pflanze verlassen, müssen wir noch einer Erscheinung Erwähnung thun, die sich mit fortschreitendem Wachsthum häufig bei unserer Pflanze zu zeigen pflegt.

Es tritt nämlich bei Exemplaren, die ungefähr ein Drittel ihrer vollen

Grösse erreicht haben, etwa 1/3 von der Spitze des Blattes entfernt eine gelbe, quer über dasselbe verlaufende Linie auf. Die Zellen in einer durch die ganze Dicke des Blattes gehenden Schicht nämlich verlieren ihren Inhalt, ihre Wände werden dunkler, sekundäre Theilungen treten in denselben ein. (Vgl. Fig. 10 u. 11. T. I.)

Diese Umstände zeigen, dass wir es mit der Bildung einer Korkschicht zu thun haben, welche einen kleinern Theil des Blattes abtrennt. Kaum ist diese Linie ausgeprägt, so fängt das Blatt an, von der Spitze her abzusterben und diesem Zerstörungsprocesse setzt endlich die Korkschicht eine Grenze. Gebildet ist sie jedoch schon, wenn die auf beiden Seiten, rechts und links, liegenden Zellen noch genau das gleiche Aussehen zeigen. Nach einiger Zeit bildet sich eine ähnliche Korklamelle quer durch das Blattgewebe an einer tieferen Stelle und bald schreitet der Process des Absterbens weiter bis zu dieser Grenzlinie vor.

So beschaffen ist unsere Pflanze, nachdem sie die Vegetationszeit eines Sommers hinter sich hat. Am Schluss derselben füllen sich die Zellen des Blattstiels mit Stärke, das so mit Reservestoffen versehene Blatt verhält sich nun vollkommen wie ein Blattsteckling einer Begonie oder eines anderen sich auf diese Weise fortpflanzenden Gewächses. Es entstehen im weiteren Verlaufe des Wachsthums zunächst adventiv eine Reihe von Blüthenständen, und während diese ihre Blüthen entwickeln, brechen ebenfalls am Stiel des primären Blattes ein oder mehrere Laubsprosse hervor.

III. Entwicklungsgeschichte und Anatomie der reproductiven Organe.

1. **Adventive Entstehung der Blüthenstände.** In Bezug auf die Entwicklung der Blüthenstände und adventiven Laubsprosse, sowie der Embryone bis zum Samen, muss ich zunächst vorausschicken, dass es mir nicht möglich war, die Bildung derselben bei *Streptocarpus polyanthus* von Anfang an zu verfolgen und zwar aus dem Grunde, weil das mir zu Gebote stehende Material die ersten Zustände nicht repräsentirte; meine eigenen Exemplare, die Herr Kunstgärtner Schütze in Breslau die Güte hatte zu kultiviren, kamen, wie oben erwähnt, in ihrer Entwicklung überhaupt nicht so weit.

Um jedoch die Lücke auszufüllen, füge ich hier Beobachtungen ein, die an *Str. Rexii* gemacht worden sind und einen Schluss auf die Verhältnisse von *Str. polyanthus* wohl gestatten, da sich, wie die von Hooker im Bot.-Mag. publicirten Abbildungen zeigen und die

Pflanzen selber lehren, beide augenscheinlich, wenigstens in der Hauptsache, gleich verhalten.

Auch bei *Str. Rexii* nämlich entwickelt sich ein Kotyledon zu einem Blatte, indessen ist dies viel schmäler und länger als bei *polyanthus,* ausserdem langgestielt[1]). Ausserdem besitzt *Str. Rexii* eine grosse Menge ganz ähnlich gestalteter, kurzgestielter Blätter, die wechselständig zu einander entstanden sind, und von denen immer die um einen gemeinsamen Mittelpunkt vertheilten zusammengehören. Solcher Centra sind am Blattstiel des primären Blattes eine ganze Reihe vorhanden. Ferner entstehen gleichzeitig mit diesen Laubsprossen, oder etwas früher in einfacher basifugaler Reihe eine Anzahl von (bei *Rexii* ein-, bei *polyanthus* und den meisten anderen Arten vielblüthigen) Blüthenständen, jeder folgende weiter nach der Blattspitze zu, so dass die jüngsten ihr am nächsten stehen, einer ganz dicht am andern.

An günstigen Präparaten (Fig. 16 T. II.) kann man zwischen dem letzten, noch wenig entwickelten Blüthenstiel und dem Blattstiel selbst einen Vegetationskegel wahrnehmen (Fig. 17 T. II.). Derselbe liegt genau an der Grenze, wo beide Organe in einander übergehen, ja manchmal scheint es, als ob er direkt auf dem Blüthenstiel entstanden wäre. Die Epidermis des Blattstiels setzt sich über den Meristemkegel fort.

Die Entstehung der Blüthenstände geht also folgendermassen vor sich: Wenn das Blatt vollständig ausgewachsen ist, so entsteht auf der Oberseite des Blattstiels, wo zwischen den beiden Flügelsäumen der Lamina das Blattgewebe theilbar bleibt, durch radiale und tangentiale Theilung gewisser oberflächlicher Zellgruppen ein exogener Vegetationskegel in Form eines sich über die Blattstielfläche erhebenden Zellhügels, in der Mitte desselben bildet sich ein procambialer Strang, welcher mit dem Gefässsystem des Blattstiels in Verbindung tritt, und zwar in der Weise, dass er sich nach innen theilt und die Aeste sich mit den beiden Rändern der halbcylindrischen Rinne, in der, wie wir oben sahen, das Gefässbündelsystem des Blattstiels angeordnet ist, in Verbindung setzen. Allmählich wächst dieser Zellhügel, an der Spitze Bracteen und Blüthen anlegend, zu einem Axenorgane (Blüthenstengel) aus. Da wo der Blüthenstengel an die Blattfläche angrenzt, und zwar an seiner basifugalen Kante, tritt sodann dieselbe

---

[1]) An diesem langen Stiel kann man an der erwachsenen Pflanze das Mutterblatt erkennen.

Erscheinung von Neuem auf; es entsteht ein neuer Vegetationskegel, und es geht ein zweiter Blüthenstand daraus hervor u. s. w.; jeder jüngere wird von den älteren behindert und neigt sich gegen die Blattfläche.

Die weitere Ausbildung bis zur Blüthe folgt, so weit sie beobachtet wurde, weiter unten.

Die adventiven Blätter entstehen gleichzeitig mit oder erst nach den Blüthen und zwar wahrscheinlich auf folgende Weise. Ausserhalb der Region der Blüthenstiele, entweder seitwärts oder unterwärts erhebt sich über dem Blattstiele ein flacher Vegetationspunkt, an welchem der Reihe nach rechts und links alternirende Blätter hervorsprossen; man kann ihn in vielen Fällen bei *Str. Rexii* leicht als schwache Erhebung der obersten Meristemschichten am Grunde des jüngsten Blattes erkennen. (Vgl. Fig. 18. T. II.) Dadurch, dass diese Bildungen in grosser Anzahl am Blattstiel auftreten, werden die Verhältnisse meistens so verwickelt, dass man den Zusammenhang selten auf den ersten Blick erkennen kann.

Bei *Streptocarpus polyanthus* habe ich bisher nur Blätter mit vollkommen ausgebildeter Laub- und Blüthensprosse aus dem Berl. botanischen Garten erhalten können; die Betrachtung derselben lehrte aber, dass sie sich in Bezug auf die Blüthensprosse ebenso verhalten müssen; die adventiven Laubsprosse allerdings stehen so unregelmässig vertheilt, dass es an weiter entwickelten Exemplaren kaum möglich ist, ihre Zusammengehörigkeit zu ermitteln. Das oben erwähnte Erfurter Exemplar besass nur einen vollkommnen Blüthenstengel, und hinter diesem die Anlage eines zweiten und ausserdem die eines Laubsprosses, so dass hier die adventive Entstehung beider aus dem Blattgrunde deutlich erkennbar war; die Blättchen des adventiven Laubsprosses waren mit ihrer Oberseite der Oberseite des Blattes zugewendet; kleine Blättchen sprossten auch aus dem Blattstiel unterhalb des ersten Blüthensprosses hervor. Die Klarstellung dieses Punktes, sowie die Frage, wie sich diese Laubsprosse später verhalten und ob sie ihrerseits neue Blüthenstände hervorbringen können, muss späteren Untersuchungen mit reicherem Material vorbehalten bleiben.

Was die Blätter der adventiven Laubsprosse betrifft, so ist nur noch zu erwähnen, dass ihre Beschaffenheit derjenigen des primären Blattes analog ist, nur dass sie viel kleiner sind; sie erreichten in den von mir gesehenen Exemplaren selten 2 cm. Länge.

Der Blüthenstand von *Streptocarpus polyanthus* ist nicht, wie bei *Str. Rexii*, einblüthig, sondern er stellt eine reichverzweigte

rispenförmige Cyma dar, mit einer grossen Anzahl durch Hochblättchen gestützter Blüthen. Bei der Verzweigung treten rechts und links von der Axe zwei subflorale Zweige auf, die Axe selbst endigt mit einer Blüthe, desgleichen einer der Zweige; der andere dagegen verlängert sich und verzweigt sich später in derselben Weise. Indem sich dann die Stengelglieder nicht gleichmässig vergrössern, entfernen sich diese Blättchen von den zugehörigen Blüthen und stehen zuletzt meist in der Mitte zwischen zwei Verzweigungen. Die letzten Knospen sind wickelartig eingerollt. Die Stengelglieder zwischen je zwei Verzweigungen sind meist mehr oder weniger gekrümmt.

2. **Die Blüthe** ist dem allgemeinen Typus der Familie gemäss folgendermassen gebaut:

Der Kelch ist verwachsenblättrig 5theilig, die Kelchzähne lanzettlich, zugespitzt; die Blumenkrone verwachsenblättrig, mit 5spaltigem Rande, undeutlich zweilippig, mit langer, am Grunde bauchiger Röhre, letztere etwa 3—4 mal so lang als der Kelch. Die Farbe ist ein zartes, auf der Aussenseite helleres Lichtblau, gegen die Mündung gelb. In der Kronröhre vollständig eingeschlossen liegen die beiden Staubgefässe, sie sind etwa auf ⅓ ihrer Länge mit derselben zusammengewachsen, ihre Enden neigen zusammen, ihre Pollensäcke sind mit einander verklebt. Zwei andere Staubgefässe abortiren regelmässig und sind als kleine Schüppchen erkennbar. Die kurzgestielte, kopfige, 2lappige Narbe sitzt auf dem rechtsgedrehten Fruchtknoten (daher der Name *Streptocarpus!*) auf, letzterer ist oberständig und in der Blüthe ungefähr von der halben Länge der Kronröhre, im angewachsenen Zustande etwa 3mal so lang. Das Pistill besteht aus 2 Carpellen, die zu einem 2fächrigem, und durch später zu schildernde Verwachsung 4kammerigem Fruchtknoten vereinigt sind.

Auf einem Längsschnitt des frühesten Zustandes, den ich auffinden konnte, (Fig. 19. T. II.) erkennt man dem Stengelende gegenüber einen eben hervorgebrochenen Blüthenstand. Derselbe lässt schon in diesem Stadium eine Reihe von Knospen erkennen, welche im Anfangszustand aus einem kegelförmigen Vegetationspunkte bestehen, an dessen Grunde bald blattartige Gebilde sich entwickeln. Dieselben vergrössern sich schnell, überwachsen den Vegetationspunkt, neigen sich über demselben zusammen, bringen Haare hervor, und indem sich diese dicht an einander legen, bilden sie den Kelch als die schützende Hülle über der heranwachsenden Knospe. Im Innern der Blüthenknospe entwickelt sich dann zunächst die Korolle mit den aufsitzenden Antheren und schliesslich wird der Scheitel zum Pistill.

Zwischen Fruchtknoten und Korolle entsteht ein ringförmiger hypogyner Discus. (Vgl. Fig. 20. T. II.) Dieser Entwickelungsgang ist vollständig normal und habe ich nichts über denselben zu bemerken. Gehen wir sofort zur Anatomie dieser Organe über.

3. **Anatomie der Blüthen.** Der Blüthenstengel enthält in den Zellen seiner Epidermis einen rothen Farbstoff, welcher auch in die Nebenzellen der Haarfüsse verbreitet ist, während letztere selbst farblos sind. Unter der Epidermis liegt (Fig. 21. T. II.) eine Collenchymschicht, darunter (meist 2reihiges) Parenchym, welches mit der alsdann folgenden Endodermis das Rindengewebe bildet. Letztere ist zartwandig und ihre radialen Wände zeigen deutlich dle Caspari'schen Punkte. Der von der Endodermis umschlossene Gefässbündelcylinder ist nach aussen von einem geschlossenen Ring von Sklerenchymzellen umgeben, diese sind sehr stark verdickt und bilden mehrere Reihen. Innerhalb derselben sind eine Anzahl Gefässbündel in einen Kreis gestellt. Die Gefässbündel bestehen in normaler Weise aus collateral gestelltem Gefäss- und Siebtheil, ersterer aus Gruppen von Spiral-, Ring- und Netzgefässen, letzterer von zartwandigen Siebzellen gebildet, welche von Sklerenchym umgeben, auf der Aussenseite der Gefässbündel liegen. Der so gebaute Gefässbündelring ist in grosszelliges Markparenchym eingelagert. Ueber die Korolle, die verwachsenen Antheren, sowie die rundlichen, glatten Pollenkörner ist anatomisch nichts weiter zu bemerken.

Der sehr kurze und in den Fruchtknoten allmählich verschmälerte Griffel ist im Innern von einem Canal durchzogen, in dem ich die hineinwachsenden Pollenschläuche auffinden konnte. Uebrigens, um diese Bemerkung hier einzuschalten, scheint die Blüthe ihrem ganzen Bau nach auf Selbstbestäubung eingerichtet zu sein. Die Narbe liegt nämlich zur Blüthezeit den Antheren fest angedrückt, so dass wohl nicht zu bezweifeln ist, dass die Pollenkörner, nachdem sie auf dieselbe gefallen sind, auch keimen.

Der Fruchtknoten, wie schon erwähnt, besteht aus 2 Carpellen. Dieselben verwachsen so mit einander (vgl. hierzu Fig. 22. T. III.), dass nur die Ränder der beiden Blätter frei bleiben, welche sich nach innen halbkreisförmig umrollen und auf ihrem äussersten Rande die Placenten bilden. Auf diese Weise entstehen 4 Kammern, jedoch so, dass je zwei nicht durchaus von einander getrennt sind, sondern durch einen schmalen Canal verbunden bleiben. Der Fruchtknoten wird von 5 Gefässbündeln durchzogen, von denen je eins in der Mediane der beiden Fruchtblätter, je eins am Rande derselben, wo sie zusammengewachsen sind, und eins in der Mitte verlaufen. Das

Xylem ist aus abrollbaren Spiralgefässen gebildet und an beiden Enden von Siebtheilen begrenzt. (Vgl. Fig. 20. T. II.) Das Grundgewebe ist parenchymatisch, die Zellen vielfach erfüllt von schön ausgebildeten Krystallen von oxalsaurem Kalk.

Die innere Auskleidung der Fruchtknotenkammern wird durch 2 Zelllagen gebildet, deren jede aus lang gestreckten, sehr stark verdickten, getüpfelten Zellen besteht. Diese beiden Schichten liegen in der Weise übereinander, dass die Längsrichtung der Zellen in der einen in spitzem, ja sogar unter grösserem (bis 90°) Winkel gekreuzt ist. Auf diese Weise erhält die Membran ein eigenthümlich gestreiftes Ansehen (vgl. T. III. Fig. 22 u. 23). Diese Schichten überziehen gleichmässig die Innenflächen beider Carpelle und sind nur am Rande derselben durch das kleinzellige Gewebe der Placenten unterbrochen; sie sind augenscheinlich der Grund der eigenthümlichen Drehung des Fruchtknotens.

4. **Ovula, Embryogenie.** Auf den Placenten sitzen in ausserordentlich grosser Zahl die Ovula auf, so zahlreich, dass man bei jedem Querschnitt durch den Fruchtknoten 30—40 freilegt.

Bei den jüngsten Exemplaren, die ich auffinden konnte, erhob sich schon rings um den Knospenkern des Ovulums ein Wall, welcher die Anlage des Integuments darstellt. Dieser Wall vergrössert sich, umfasst den Knospenkern schliesslich vollkommen, so dass nur eine kleine Oeffnung am Scheitel, die Mikropyle, übrig bleibt. Während dies geschieht, vergrössert sich eine Zelle des Knospenkerns, verdrängt die übrigen mehr und mehr, so dass sie schliesslich ringsum von nur einer einzigen Zellreihe umgeben ist (ausser dem Integument); d. h. diese Zelle wird zum Embryosack. An der Kernwarze werden auch noch die letzten Zellen verdrängt, so dass die Spitze des Embryosacks sich unmittelbar unter der Mikropyle befindet. (Fig. 24. T. III.) Inzwischen hat das Ovulum sich um 90° gegen seinen Funiculus geneigt. Das Integument wird durch tangentiale Theilung seiner Zellen mehr- (2 oder 3) schichtig, das der Mikropyle zugekehrte Ende des Embryosacks verlängert sich schlauchartig, das dem Knospengrund zugewendete Ende treibt 4 Fortsätze von birnförmiger Gestalt, welche in dem umgebenden Gewebe blind endigen und sich gegen den Sack selbst durch Scheidewände abschliessen. (Fig. 25. T. III.) Sodann entstehen im Innern des Embryosackes eine Anzahl freier Zellen, von denen 2, die Keimbläschen, sich nicht weit von der Mikropyle an die Innenwand anlegen. Hier bildet sich eine Ausweitung des Embryosackes; die Pollenschläuche treten heran, eins der Keimbläschen wird befruchtet. Dasselbe theilt sich zunächst durch

eine Querscheidewand in 2 Zellen, die eine wächst zu einem langen in seltsamer Weise hin- und hergebogenen Schlauche aus, dem Embryoträger, der am Scheitel des Embryosacks (Fig. 27. T. III.) anwächst; die kuglige Endzelle wird zum Embryo. (Fig. 28.) Vorübergehend zerfällt, während dies geschieht, der Embryosack durch Theilung in 2, 4, 8, 16 Zellen, und so entsteht ein transitorisches Endosperm, dasselbe wird aber sehr bald von dem sich vergrössernden Embryo resorbirt.

Die weitere Entwickelung des Embryos geschieht in normaler Weise: Die Zelle theilt sich durch 3 auf einander senkrechte Scheidewände in 8 Kugeloctanten; dann werden durch concentrische Wände Dermatogen und Innengewebe getrennt. Nach einer Reihe weiterer Theilungen erhält der Embryo, indem die Kotyledonen als Hervorragungen auftreten, eine schwach 3seitige Form, das Plerom sondert sich vom Periblem (Fig. 29. T. III.). Gleichzeitig hat sich auch der Träger in eine Reihe kleiner Zellen getheilt. Die Membran der Oberhaut des Embryos ist in Kali sehr stark quellbar und umgiebt ihn dann als durchsichtige Hülle. Eine Wurzelhaube wird nicht gebildet. Dass ein Vegetationskegel am entgegengesetzten Ende der Axe, zwischen den Cotyledonen, gleichfalls fehlt, braucht nach der Untersuchung der Samen hier bloss erwähnt zu werden.

Die Oberflächenzellen des Integuments besitzen bei fast reifen Samen bräunliche Membranen, die stark verdickt sind, wenigstens an der Oberfläche. Die innern Schichten des Integuments sind undeutlich geworden; während man sie bei frischen Präparaten noch erkennen kann, sind sie bei solchen, die mit Kali behandelt wurden, fast gar nicht mehr zu unterscheiden; die Aussenzellen quellen zunächst auf und werden dann auch, je nach dem Grad ihrer Reife, mehr oder weniger zerstört. Die Zellen des Knospenkerns dagegen sind sehr deutlich gegen das Integument abgesetzt, ihre Wände stark verdickt, und mit Kali behandelt zeigen sie ganz das Aussehen, welches p. 5. von der innersten Schicht der Samenschale beschrieben wurde. Die Samen trennen sich von der Placenta, der Fruchtknoten springt der Länge nach in einer Karpellnath auf und lässt die Samen frei.

5. **Resultate.** Der Embryo von *Streptocarpus (polyanthus)*, von einer mehrschichtigen Samenschale, die theils als Integument, theils als Knospenkern zu deuten ist, umschlossen, ist endospermfrei, dikotyl, besitzt aber weder Wurzelanlage noch Endknospe. Nach der Keimung brechen am Grunde des primären Stengelendes in grosser Zahl endogene Adventivwurzeln hervor. Von den beiden Kotyledonen

stirbt der eine nach kurzem Wachsthum ab, der andere dagegen vergrössert sich ausserordentlich und wird zu einem Laubblatt von mehrjähriger Lebensdauer. Am Stiele dieses einzigen Blattes, dessen Gewebe am Grunde im theilungsfähigen Zustande verharren, entstehen zahlreiche Adventivwurzeln, während die am primären Stengelchen nach der Keimung hervorgebrachten zugleich mit ersterem absterben; der Blattstiel wird alsdann durch eine Korkschicht unten abgeschlossen. Im Gewebe des Blattstiels sammelt sich Stärke an; das Blatt verhält sich nun ganz wie ein Blattsteckling, indem es im zweiten Jahre auf der Oberseite seiner Blattstielbasis in acropetaler Folge die cymösen Blüthenrispen als Adventivsprosse hervorbringt, reich verzweigte Inflorescenzen mit hellblauen Blüthen, die dem allgemeinen Typus der *Gesneraceen,* speciell der *Cyrtandreen,* entsprechend gebaut sind. Ebenfalls adventiv entstehen gleichzeitig oder meist etwas später auf dem Blattstiel eine Reihe von Laubsprossen.

Diese Sprosse erheben sich als Meristemhügel über den Blattstielgrund und ihre Gefässbündel setzen sich mit dem freien Rande der halbcylindrischen nach oben offnen Gefässbündelrinne in Verbindung. Bei *Str. Rexii* sind die adventiven Blüthenstiele einblüthig.

Aus allen diesen Angaben, die im Verlauf unserer Arbeit speciell begründet wurden, erhellt, wie viel Abweichendes die Entwicklung von *Streptocarpus (polyanthus)* bietet, und wie sehr die Pflanze verdient, unter den entwicklungsgeschichtlich bedeutenden eine hervorragende Stelle einzunehmen.

Breslau, October 1878.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Fig. 1. Ansicht einer ganzen Pflanze in $^1/_3$ der natürlichen Grösse, mit einem entwickelten Blüthenstand (B.) und einem Laubsprosse (L.).

Fig. 2. Same, Längsschnitt. Die Kotyledonen erscheinen ungleich, weil der Schnitt zwar durch die Mittelaxe gegangen ist, aber nicht beide Kotyledonen senkrecht auf ihre Fläche getroffen hat. $^{200}/_1$.

Fig. 3. Same, Querschnitt. $^{200}/_1$.

Fig. 4. Das primäre Stengelende. Längsschnitt. $^{200}/_1$.

Fig. 5. Adventivwurzel, Längsschnitt durch die Spitze. $^{200}/_1$.

Fig. 6. Epidermis des wachsthumsfähigen Kotyledon. Parthie vom Rande. $^{150}/_1$.

Fig. 7. Id. Parthie am Blattgrunde. $^{150}/_1$.

Fig. 8. Ganze Pflanze, etwa 3—4 Monate alt, nat. Gr.

Fig. 9. Wurzel Querschnitt. G. Gefässtheil. S. Siebtheil. E. Endodermis. h. R. hypodermes Rindenparenchym. $^{300}/_1$.

Fig. 10. Blatt, Querschnitt, in der Mitte die Korkschicht, welche die Spitze des Blattes von dem Uebrigen abtrennt. $^{100}/_1$.

Fig. 11. Id. Ansicht von oben. $^{100}/_1$.

Tafel II.

Fig. 12. Wurzelspitze, Längsschnitt. $^{300}/_1$.

Fig. 13. Blattstiel, Theil des Querschnitts. $^{200}/_1$.

Fig. 14. Theile des parenchymatischen Blattgewebes mit den ringförmigen Verdickungen. (S. Text S. 14.) $^{200}/_1$.

Fig. 15. Parthie des theilungsfähigen Gewebes aus dem Blattstiel. $^{100}/_1$.

Fig. 16. *Streptocarpus Rexii*, primäres Blatt mit 3 Blüthen. $^1/_3$.

Fig. 17. Id. Längsschnitt. Die Reihenfolge der Blüthenstände ist in beiden Figuren dieselbe. $^3/_1$.

Fig. 18. Id. Laubsprosse, Längsschnitt. $^2/_1$.

Fig. 19. *Str. polyanthus*, Blüthenstand unentwickelt, Längsschnitt. $^{10}/_1$.

Fig. 20. Blüthe, Längsschnitt. F. Fruchtknoten h. D. hypogyner Discus. P. Blumenkrone. C. Kelch. $^5/_1$.

Tafel III.

Fig. 21. Blüthenschaft, Querschnitt. G. Gefässbündel. S. Sclerenchym. End. Endodermis. C. Collenchym. Ep. Epidermis. $^{200}/_{1}$.

Fig. 22. Fruchtknoten, Querschnitt. $^{45}/_{1}$.

Fig. 23. Ein Theil der den Fruchtknoten innen auskleidenden Membran. $^{300}/_{1}$.

Fig. 24. Ovulum, Längsschnitt. I. Integument. K. Knospenkern. E. Embryosack. $^{450}/_{1}$.

Fig. 25. Id. Querschnitt. $^{550}/_{1}$.

Fig. 26. Id. Späteres Stadium. $^{200}/_{1}$.

Fig. 27. Id. Nach der Befruchtung. $^{250}/_{1}$.

Fig. 28. Die ersten Theilungen des Embryo. $^{300}/_{1}$.

Fig. 29. Embryo weiter entwickelt. C. Kotyledonen. $^{450}/_{1}$.

Untersuchungen über die Entstehung der adventiven Wurzeln und Laubknospen an Blattstecklingen von Peperomia.

Von

Dr. Ernst Beinling.

Hierzu Tafel IV. und V.

I. Historischer Theil.

Bringt man abgeschnittene Blätter gewisser Pflanzen, sogenannte Blattstecklinge, entweder noch mit Blattstiel versehen, jedoch ohne die an seinem Grunde sitzende Achselknospe, oder ohne Stiel, oder auch nur Abschnitte eines Blattes in geeignete Verhältnisse, d. h. in genügende Wärme, Feuchtigkeit und Licht, so sind sie oft im Stande, adventive Wurzeln — Beiwurzeln nach Reinke[1]) — und in einigen Fällen auch Adventivknospen hervorzubringen und es wird daher diese Eigenschaft in der gärtnerischen Praxis seit sehr langer Zeit mit gutem Erfolg angewendet, um neue Pflanzenindividuen entstehen zu lassen.

Diese Thatsache ward schon in der älteren gärtnerischen Litteratur angeführt und F. Regel[2]) hat am Schluss seiner höchst verdienstvollen, im Botanischen Institut zu Jena angestellten Arbeit diese so vollständig zusammengetragen, dass hier sie anzuführen zwecklos wäre. Doch sind wissenschaftliche Untersuchungen über diesen Prozess erst seit kurzer Zeit aufgenommen und können daher im Hinblick darauf noch nicht allgemeine Gesetze gefolgert werden.

---

[1]) J. Reinke, Untersuchungen über Wachsthum und Morphol. der Phan.-Wurzel. 1871, pag. 41.

[2]) F. Regel, Die Vermehrung der Begoniaceen aus ihren Blättern etc. Jen. Zeitsch. f. Nat. 1876, pag. 477.

Man hat sich bei einer derartigen Untersuchung drei Fragen zu stellen und zwar:

1) *Wie verändern sich die Gewebe an und über der Schnittfläche des Stecklings?*
2) *Wie entstehen die Beiwurzeln?*
3) *Wie entstehen die Adventivknospen?*

1. **Abschluss der Schnittflächen.** Die ersten Untersuchungen über die Veränderungen bei Stecklingen im Allgemeinen hat H. Crüger[1]) veröffentlicht. Derselbe kam zu dem Resultat, dass in dem Gewebe, welches zunächst der Schnittfläche gelegen ist, eine lebhafte Zellenbildung vor sich geht; der Steckling wird durch eine Grenzschicht von aussen abgeschlossen: „man kann diese Zellenbildung als den ersten Schritt zur Individualisirung des Pflanzentheils bezeichnen, mit dem man experimentirt." Cambium, Rinden- und Holzparenchym und Mark sind obiger Veränderung fähig; auch schrieb Crüger jungen Spiralgefässen diese Fähigkeit zu, was R. Stoll[2]) bezweifelt und ich nach eigenen Untersuchungen ebenfalls als unrichtig bezeichnen muss.

„Die ersten Gefässzellen (oder Gefässschläuche, wie Crüger sie weiter nennt) bilden sich im Cambium, sie sind weder in unmittelbarer Berührung mit alten Gefässen, noch ist es nöthig, dass sie sich später mit diesen verbinden." Kallus wird an der Schnittfläche nicht erzeugt.

Genauere und ausgedehntere Untersuchungen verdanken wir R. Stoll[3]).

Er kommt zu dem Resultat, zwei Hauptgruppen von Stecklingen machen zu müssen: „zu der einen gehören solche Pflanzen, die keinen eigentlichen Kallus (Gewebswucherung an der Schnittfläche) bilden, sondern bei denen sich dicht über der Schnittfläche des Stecklings eine derselben parallele Korkschicht differenzirt, die die Gewebe abschliesst; zu der zweiten Gruppe gehören jene, deren Schnittfläche durch einen aus derselben gebildeten Kallus von mehr oder weniger bedeutender Entwickelung geschlossen wird."

An der Bildung des Kallus können sich je nach den verschiedenen Pflanzen alle Gewebe, ausgenommen die Holz- und echten Bastzellen

---

[1]) H. Crüger, Einiges über die Gewebsveränderungen bei der Fortpflanzung durch Stecklinge. Bot. Ztg. 1860, pag. 369.

[2]) R. Stoll, Ueber die Bildung des Kallus bei Stecklingen. Bot. Ztg. 1874, No. 46.

[3]) R. Stoll l. c.

und Epidermiszellen betheiligen, wobei jedoch der erste Anstoss zur Bildung von Kallus immer vom Cambium ausgeht.

R. Stoll's im Bot. Laboratorium zu Leipzig gemachte Untersuchungen beziehen sich auf Zweigstecklinge, die auch Crüger theilweise zur Besprechung dieser Vorgänge benützt hatte.

Specielle Untersuchungen über das Verhalten der Blattstecklinge sind zuerst von P. Magnus[1]) angestellt worden. Derselbe fand bei Untersuchung von in feuchte Erde gesteckten Blättern von *Hyacinthus orientalis*, dass die Parenchymzellen der daselbst befindlichen Blatttheile durch Wachsthum anschwellen und sich darnach durch successive Zelltheilung in ein Fächerwerk von Zellen theilen, wie auch die Epidermiszellen es thun. „Die Richtung des Wachsthums der Zellen der Epidermis und der darunterliegenden Parenchymschicht findet vorzugsweise senkrecht zur Blattfläche statt und theilen sich dieselben durch zahlreiche Quer- und spärliche Längstheilung, wodurch sie sich zu hier und da verdoppelten Zellreihen entwickeln, die auch mehr oder minder senkrecht zur Blattfläche gestellt sind." Späterhin theilen sich auch die inneren Parenchymzellen in zahlreiche Zellen, die sich zu einem beträchtlichen Theile in spiralig- bis ringförmig verdickte Leitbündelzellen (die Gefässschläuche Crügers) umbilden, welche zu einem mannigfaltig knorrig gewundenen Gefässbündel zusammenfliessen, das hier und da mit dem Gefässbündel des Blattes anastomosirt. Es wird also durch mehrfache Theilung der Epidermis- und der innern Parenchymzellen ein Abschluss nach Aussen hergestellt. In wie weit die Gefässbündel des Blattes bei diesem Abschluss betheiligt sind, sagt uns P. Magnus in seiner Mittheilung nicht.

Ueber das Verhalten der Blattstecklinge und besonders der von Begoniaceen giebt uns F. Regel[2]) Aufschluss. Es wird hier, wie bei krautartigen Zweigstecklingen (R. Stoll) kein Kallus gebildet, es schwellen die über der Schnittfläche gelegenen Gewebe an, die Zellen derselben theilen sich vielfach in Tochterzellen und es wird auf diese Weise ein fester Abschluss als ein „Wundkork" hergestellt, besonders begünstigt durch die Bildung von schraubig verdickten Leitbündelzellen, die sich oft in grossen Nestern zusammenfinden.

Es sind bei der über der Schnittfläche sich bildenden Anschwellung des Blattstieles oder der Spreite betheiligt besonders die Epidermis,

---

[1]) P. Magnus, Bot. Verein d. Prov. Brdbg. 30. Mai 1873.
[2]) F. Regel l. c.

das Collenchym (beim Blattstiel), das Grundgewebe und die Cambialzone des Gefässbündels. Ausserdem erzeugt die Epidermis, ehe die Beiwurzeln erscheinen, in der Nähe der Schnittfläche zahlreiche wurzelhaarähnliche Trichome. Regel schreibt ihnen die Functionen der Wurzelhaare wohl nicht mit Unrecht zu. Nicht allein die Epidermiszellen des Blattstiels, sondern auch die der Blattspreite auf der Unterseite an den durchschnittenen Stellen der Nerven erzeugen derartige „Pseudowurzelhaare.“

Die früher erwähnten Autoren führen dieses in ihren resp. Arbeiten nicht an.

Schliesslich ist die Arbeit von S. Arloing[1]) zu nennen. Er brachte Stecklinge von Cacteen in Erde und fand bei der Untersuchung, dass die Schnittfläche an ihrem Rande durch Umbildung der Hypodermzellen in Kork zuheilte, es wurden so alle Zellgewebe des äussersten Endes des Stecklings mit einer Korkschicht bedeckt. Ebenso verhielten sich auch Abschnitte von Cacteenzweigen, die eine Zeit lang an der Luft lagen. In letzterem Falle trocknen ausserdem noch die Parenchymzellen von der Schnittfläche durch Wasserabgabe ein, wodurch die Gefässbündel deutlich an der Schnittfläche hervortreten. Nachdem der Steckling gepflanzt ist, wird das äusserste Ende des Gefässbündels zerstört und vom Cambium aus wird ein Peridermgewebe gebildet, welches das Gefässbündel von Aussen verschliesst. Aber ein eigentlicher Kallus wird bei den Cacteenstecklingen nicht erzeugt, nur selten hat S. Arloing eine derartige Bildung beobachtet; er glaubt, dass sie zum Gedeihen des Stecklings nicht nöthig sei.

Aus allen diesen Beobachtungen geht hervor, dass das erste Bestreben des von der Mutterpflanze abgetrennten Pflanzentheils ist, die Schnittfläche von Aussen abzuschliessen. Dieses geschieht bei krautartigen Zweigen und bei Blattstecklingen durch zahlreiche Theilung der Zellen verschiedener über der Schnittfläche gelegenen Gewebe. Ausgenommen die Holz- und echten Bastzellen, betheiligen sich an dieser Bildung alle Gewebe des Stecklings; darauf folgt gewöhnlich Korkbildung (Wundkork). Oder es bildet sich, namentlich bei verholzten Zweigstecklingen und bei einigen Blattstecklingen (*Gloxinia*) Kallus, der, wie der Kork ebenfalls die Schnittfläche vor schädlichen Einflüssen von Aussen schützen soll. Ausserdem werden im lockeren Parenchymgewebe der Blattstiele und des

[1]) S. Arloing, Recherches anatomiques sur le bouturage des Cactées. Ann. sc. nat. Avril 1877, 47 an. VI. série No. 1.

Blattes zahlreiche, oft in Nestern zusammenliegende schraubig verdickte Leitbündelzellen (Gefässschläuche) gebildet, die entweder mit dem Gefässbündel des Stecklings in Berührung treten oder auch nicht.

2. **Entstehung der Beiwurzeln.** J. Reinke[1]) berücksichtigt ihre Entstehung nur mit wenigen Worten. Wurzeln bilden sich immer endogen. Am Stamme entstehen Wurzeln entweder aus dem Interfascicularcambium oder an den Gefässbündeln, letzteres ist der häufigere Fall.

Nach F. Regel[2]) erfolgt bei den Begoniaceen die Anlage entweder „seitlich an einem der dem peripherischen Kreise angehörigen Gefässbündel und zwar in dessen Cambialregion unter Betheiligung der das Bündel gegen das übrige Parenchym angrenzenden Zellschicht“ oder es entstehen Wurzeln auch allein aus dem Interfascicularcambium. Der letzte Fall wurde bei Zweigstecklingen von *Begonia argyrostigma* beobachtet. Bei *Veronica Beccabunga* L. und *Lysimachia Nummularia* L. wurde von Regel die Anlage vor dem Gefässbündel in der „Strangscheide“ und einer unter dieser befindlichen (dem Pericambium der Nebenwurzeln vergleichbaren) Zellreihe und bei *Hedera Helix* L. „an der Seite eines Fibrovasalstranges aus dem Cambium und den an dieses stossenden Parenchymzellen“ gefunden.

H. Berge hat in seiner Entwickelungsgeschichte von *Bryophyllum calycinum*[3]) der Entstehung von Wurzeln an auf feuchten Sand gelegten Blättern gedacht. Wie bei allen „Blattstecklingen“ brechen auch hier die Wurzeln vor dem Erscheinen der jungen Adventivknöspchen nach Aussen hervor. Ueber die Entstehung der Wurzel sagt Berge: „Trotz der frühzeitigen Bildung des Knöspchens am Mutterblatte scheint die erste Wurzel doch nicht aus Theilen des Bildungsgewebes zu entstehen, sondern vielmehr aus dem dem Blattrande nahe liegenden Cambium, oder wenigstens aus der diesem seitlich unmittelbar angrenzenden Partien hervorzugehen, worauf auch oft der Verlauf der Gefässstränge an jener Stelle hindeutet.“

Nach S. Arloing erscheinen an den Stamm- und Zweigstecklingen der *Cacteen* zwei Arten von adventiven Wurzeln.

Einmal entstehen Wurzeln an den innern Gefässbündeln des Stammes d. h. an denen, die, im Kreise stehend, einen geschlossenen

---

[1]) J. Reinke, l. c. pag. 41.

[2]) F. Regel, l. c. pag. 489.

[3]) H. Berge, Beitr. z. Entw. von *Bryophyllum calycinum*. Zürich 1877, pag. 18.

Ring bilden. S. Arloing nennt diese Art von Wurzeln *„racines adventives ordinaires.“*

Die zweite Art von adventiven Wurzeln erscheint an den Gefässbündeln, die zerstreut im Mark liegen, sie werden als *„racines adventives hétérotopiques“* bezeichnet. In ihrem Ursprung, wie in der Bildung und Weiterentwickelung unterscheiden sie sich aber nicht von einander. Arloing führt nur an: „die einzige, durchaus nothwendige Bedingung zur Entstehung einer adventiven Wurzel ist die Gegenwart einer erzeugenden Gewebsschicht,“ also des Cambiums.

Wir sehen also nach den Beobachtungen der angeführten Autoren, dass die adventiven Wurzeln am Stamm oder Blatt in der Cambialregion des betreffenden Gefässbündels entstehen, dass eine erzeugende Schicht (Cambium) immer vorhanden sein muss (ausser dem von F. Regel beobachteten Fall von *Veronica* und *Lysimachia*) und dass mehr oder weniger die an das Cambium stossenden Theile des Gefässbündels an der Bildung einer Wurzel Theil nehmen können.

Noch zum Schluss will ich eine interessante Notiz von Carrière[1]) hinzufügen. Nicht allein aus Stamm, Wurzel, Blättern, also den vegetativen Organen können Wurzeln entstehen, sondern auch die zur Fruchtbildung dienenden Organe können Wurzeln erzeugen. Carrière fand an zwei Früchten von zwei in Töpfen gezogenen Exemplaren von *Lilium speciosum* Sieb. (*L. lancifolium Hort.*) an ihrer Basis je zwei Wurzeln. Eine nähere Untersuchung hat Carrière leider nicht angestellt. Auch ist bekannt, dass Blüthenstiele von *Primula* in Sand gesteckt Wurzeln treiben, wie ich dies auch von *Echeveria* (Crassulaceae) bestätigen kann.

3. **Entstehung der Adventivknospen am Blatt.** Erst durch die Untersuchungen von P. Magnus[2]) und F. Regel[3]) wissen wir Näheres über die hier stattfindenden Vorgänge, in Folge dessen sind auch die Angaben von Sachs[4]) und Hofmeister[5]) in mancher Beziehung berichtigt. Beide, Magnus wie Regel, fanden, dass auf den Blättern einiger Pflanzen (*Hyacinthus, Lilium* und *Begonia*) die Adventivknospen nicht endogen, wie dies Sachs und Hofmeister bei *Begonia* annehmen, sondern exogen entstehen.

F. Regel sagt: „Die Anlage sämmtlicher beobachteter Knospen

---

[1]) Carrière, Revue horticole. 1877, No. 11. pag. 207.

[2]) P. Magnus, Bot. Ver. d. Pr. Brdbg. 30. Mai 1873, pag. 6.

[3]) F. Regel, l. c. pag. 483 u. 469.

[4]) Sachs, Lehrb. d. Bot. IV. Aufl. pag. 175 ff.

[5]) Hofmeister, Allg. Morph. d. Gew. 1868. pag. 423.

(nämlich an *Begonia*-Blättern) waren niemals endogen, vielmehr stets exogen" und weiter: „die Zwiebelchen auf der Innenfläche der Schuppen von *Lilium auratum* entstehen gleichfalls aus ganz peripherischen Gewebetheilen" und nach Magnus[1]) entstehen ebenfalls bei *Hyacinthus* die Sprosse aus den durch Wachsthum und Theilung umgewandelten peripherischen Zellen des Blattgewebes, während er schon vor dem Erscheinen der Regel'schen Arbeit in einer Notiz erwähnt, dass „an der Schnittfläche der Blattstiele von einer *Begonia*-Art oberflächliche Adventivknospenbildung vorkomme."

Vor Magnus und Regel war wohl v. Mohl[2]) der erste, der auf die exogene Entstehungsweise von Adventivknospen am Stamme von *Begonia phyllomaniaca* Mart. aufmerksam machte. Aber nicht allein am Stamme, sondern auch auf dem Blattstiel und der Spreite dieser merkwürdigen Pflanze selbst entstehen ohne künstliche Anregung Blättchen und Knospen. Die von mir eingehend untersuchte Entstehungsweise dieser oberflächlichen Gebilde stimmt vollkommen mit der von F. Regel beschriebenen überein und kann ich nichts neues hinzufügen.

Auch T. Caruel[3]) bespricht in einem Aufsatze die Umwandlung von *Begonia*-Haaren in Knospen. Verlot 1863 und Hooker 1864 sollen diese zuerst beobachtet haben, was jedoch nach dem oben gesagten schon v. Mohl 1858 gethan hatte. Caruel fand besonders am Blattstiel die Haare und die Schuppen an der Basis verdickt, und oberhalb dieser Verdickung verbreiteten sie sich oft zu einem vollständig ausgebildeten kleinen Blatte. Es stehen oft mehrere zusammen und bilden so eine wirkliche Knospe, die abfallen und zu einer neuen Pflanze werden kann. Caruel meint, dass jede Zelle für sich zur Grundlage einer Knospe werden kann, was durch Regel's und meine Untersuchungen bestätigt ist.

An dieser Stelle will ich mir erlauben, Sir J. D. Hooker in Kew für die auf Ersuchen des Herrn Prof. Cohn erfolgte zweimalige Uebersendung von *Begonia phyllomaniaca* Mart. meinen wärmsten Dank auszusprechen.

Exogenen Ursprungs sind auch die in den Blattkerben der Blätter von *Bryophyllum calycinum* auftretenden Adventivknospen

---

1) P. Magnus, l. c. pag. 6.
2) H. v. Mohl, Bot. Ztg. 1858, No. 27.
3) T. Caruel, Nota su di una transformazione di peli in gemme. (Nuov. giornale bot. Ital. 1875 pag. 212—294.) Vergl. Bot. Jahresbericht, 1875 pag. 532.

nach einer jetzt von H. Berge[1]) durch eine ausführliche Untersuchung bestätigten Angabe Hofmeisters[2]).

Durch diese, allerdings wenigen Angaben, könnten wir zur Annahme berechtigt sein, dass die auf Blättern und Blattstielen auftretenden Adventivknospen exogenen Ursprungs sind, jedoch giebt es nach der von Regel[3]) so sorgfältig gesammelten Zusammenstellung noch sehr viele Fälle, wo Knospen an Blättern entstehen, die einer Untersuchung bedürfen, so dass wir daher die Frage offen halten müssen.

Von meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. Ferd. Cohn, aufgefordert, nahm ich unter seiner Leitung im pflanzenphysiologischen Institut an der Universität Breslau eingehende Studien über Wurzel- und Adventivknospen-Bildung bei Blattstecklingen von Pflanzen aus verschiedenen Familien vor. Diese Arbeit wurde begonnen noch ehe uns die Untersuchungen von Regel über das nämliche Thema bekannt waren; in Folge dieser Arbeit sollen hier nur die Vorgänge an der Gattung *Peperomia* aus der Familie der *Piperaceen* beschrieben werden.

Ehe ich jedoch zum eigentlichen Thema übergehe, ist es nöthig, sich über die Anatomie der Laubblätter und über das Wachsthum der Wurzel von *Peperomia* Ruiz. et Pav. zu orientiren.

Es wurden folgende vier Species gewählt:

1) *Peperomia peltiformis, Hort.*
2) „ *marmorata* Hook. fil.
3) „ *resedaeflora* Lind. et André.
4) „ *rubella* Hook.

und mit diesen Versuche in Betreff der Erzeugung von Wurzeln und Knospen an ihren Blättern angestellt.

II. Anatomie der Laubblätter und Wurzeln von Peperomia Ruiz. et Pav.

1. **Der Blattstiel.** Die Querschnitte der Stiele der vier untersuchten Species zeigen verschiedene Formen. *P. peltiformis* zeigt einen kreisrunden (Taf. IV. Fig. 1.), *P. marmorata* einen etwas platten und mit zwei Flügeln versehenen (Taf. IV. Fig. 2.), *P. resedae-*

---

[1]) H. Berge, l. c. pag. 1.
[2]) Hofmeister, l. c. pag. 422.
[3]) F. Regel, l. c. pag. 477 ff.

flora einen schwach nierenförmigen (Taf. IV. Fig. 3.) und *P. rubella* einen halbkreisförmigen Blattstiel. (Taf. IV. Fig. 4.)

Die Epidermis ist einschichtig; ihre einzelnen Zellen sind bei *P. peltiformis* und *P. marmorata* so lang als breit und meist viereckig, tragen nie Haare, nur papillenartige Drüsenköpfchen, welche einzellig und mit stark verdickter Wandung[1]) auf einer kleineren Epidermiszelle aufsitzen, aber selten über die Epidermis hinausragen. Bei *P. resedaeflora* und *P. rubella* sind die Zellen der Epidermis mehr konisch gestaltet, nach aussen stark gewölbt mit gleichen Drüsenköpfchen, aber ausserdem noch viele kurze spitze ein- oder zwei- bis mehrzellige Haare tragend auf breiter Basis und mit verdickter cuticularisirter Wandung. Während bei *P. peltiformis* und *P. marmorata* die Aussenfläche der Epidermiszellen mehr oder weniger cuticularisirt ist, tritt dies bei den anderen beiden Species in noch stärkerem Maasse hervor.

Der Inhalt ist farblos, einige Zellen, jedoch nicht zu häufig, enthalten Oel und das den *Piperaceen* eigene Alcaloïd, Piperin, der Inhalt ist dann gelb gefärbt. Spaltöffnungen fehlen bei allen Species.

Auf die Epidermis folgt das schön ausgeprägte Collenchym und zwar bei *P. marmorata, resedaeflora, rubella* ein bis drei, bei *P. peltiformis* fünf bis sieben Zellreihen stark.

Im Querschnitt polyëdrisch, im Längsschnitt länglich, oft sehr lang im Verhältniss zur Breite, enthalten die Zellen entweder gemeinschaftlich Chlorophyll, Stärkekörner und schöne Krystalle von oxalsaurem Kalk (entweder in Drusen oder prachtvolle Octaëder) oder jedes für sich allein; ausserdem tritt hier ein rother, gelöster Farbstoff (Erythrophyll) meistens in einer nicht unterbrochenen Zellreihe auf. In einigen Zellen ist auch Piperin enthalten.

Den grössten Theil des Blattstieles nimmt grosszelliges Parenchym oder Mark ein. Dünnwandig, rundlich mit Intercellularräumen, zeigen die Zellen den nämlichen Inhalt wie oben. Der rothe Farbstoff ist gewöhnlich in den an das Collenchym stossenden Zellen enthalten, ausserdem in einzelnen Zellen am Gefässbündel.

Die Zahl der Gefässbündel (Taf. IV. Fig. 1, 2, 3 u. 4, gf.) ist bei den verschiedenen Species verschieden, dann aber bei einer Art gewöhnlich constant. So besitzt der Blattstiel von *P. marmorata* entweder immer 3 oder 5, von *P. rubella* immer 3, und zwar zwei nach

---

[1]) Im jugendlichen Alter ist die Wandung zart. Siehe de Bary, Vergl. Anatomie der Vegetat. etc. pag. 69.

der unteren, platten und das dritte nach der convexen Seite des Stieles zu; bei *P. resedaeflora* stehen gewöhnlich vier im Kreise, ein fünftes centrales einschliessend, während bei *P. peltiformis* sechs bis acht Gefässbündel um ein centrales stehen.

Die Gefässbündel zeigen, wie die Nervatur des Blattes, einen monocotylen Typus; sie stehen isolirt und sind in gewöhnlichen Verhältnissen nie durch Interfascicularcambium verbunden; wir haben hier also geschlossene Gefässbündel.

Der einzelne Fibrovasalstrang zeigt auf der Innenseite Xylem (Taf. V. Fig. 2 x.), dünnwandiges Holzparenchym mit Ring- und Spiralgefässen, und nach der Peripherie des Blattstieles zu Phloëm. (Taf. V. Fig 2 ph.)

Was Weiss[1]) von den Gefässbündeln des Stammes der von ihm untersuchten Peperomien sagt, gilt auch von denen des Blattstiels. Die an das Cambium anstossenden Zellen sind klein, selten verdickt; es ist dies der dünnwandige Bast (Taf. V. Fig. 2 lb.) oder nach Sanio[2]) die Leitzellen, während die nach der Aussenseite des Bündels zu liegenden Phloëm-Zellen weitmaschiger als die vorhin erwähnten und auch meistens verdickt sind (Taf. V. Fig. 2 db.). Die Verdickung der Wandung dieser Bastzellen ist nicht gleichmässig, fast immer collenchymatisch, wie dies Weiss[3]) auch bei einigen Peperomien-Arten im Stamme gefunden hat. Durch Behandlung mit Kali tritt diese Verdickung besonders schön hervor und zeigt dann die Verschiedenheit von den „Leitzellen," dem dünnwandigen Bast, sehr deutlich.

Dieser dünnwandige Bast ist eigentlich in seiner Entwicklung stehen geblieben; Hildebrand[4]) legte dem ganz ähnlichen Bast der Begoniaceen den Namen „Hemmbast" zu, welcher hier ebenfalls angenommen werden kann. Im Längsschnitt zeigen beide Bastarten langgestreckte, prosenchymatische Zellen. Zwischen Xylem und Phloëm finden wir das in vielen Fällen schon in Dauergewebe übergegangene Cambium. Abgegrenzt wird das Gefässbündel gegen das Parenchymgewebe des Stieles durch eine Gefässbündelscheide (Taf. V. Fig. 2 gs.), kenntlich an der das ganze Bündel umgebenden, einzelligen Reihe von kleineren Zellen, die hier besonders

---

[1]) J. E. Weiss, Wachsthumsverhältnisse und Gefässbündelverlauf der Piperaceen; Flora 1876, No. 21.

[2]) C. Sanio, Ueber endogene Gefässbildung. Bot. Ztg. 1864. 27—30.

[3]) J. E. Weiss, l. c. pag. 328.

[4]) T. Hildebrand, Anat. Unters. über die Stämme der Begoniaceen. 1859. pag. 22.

stark mit Amylumkörnern, Krystallen von oxalsaurem Kalk und gelöstem rothem Farbstoff oft erfüllt sind.

2. **Die Blattspreite.** Die Epidermis der Oberseite (Taf. IV. Fig. 5 eo.) ist bei allen vier untersuchten Species mehrschichtig und zwar folgen nach der äussersten, (Taf. IV. Fig. 5, oeo.) kleinzelligen noch 2—3, auch 7 (bei *P. rubella*) Reihen, deren Zellen viel länger als breit sind. Die Epidermiszellen bei *P. marmorata* treten papillenartig an der Oberfläche hervor, wodurch der Blattfläche ein etwas sammetartiges Aussehen verliehen wird. Spaltöffnungen kommen auf der Oberseite nicht vor.

Haare sind nur bei *P. resedaeflora* und *P. rubella* auf der Ober-, wie Unterseite in grosser Anzahl vorhanden, sie gleichen denen des Blattstieles vollkommen. Aber bei allen vier Species treten ebenfalls in grosser Anzahl die schon beim Blattstiel erwähnten einzelligen, papillenartigen Drüsenköpfchen (Taf. IV. Fig. 5 d.) auf, bei denen entweder der Inhalt, oder auch die Zellwand braun gefärbt ist. Von einem solchen Köpfchen gehen die Wände der anstossenden Epidermiszellen strahlenförmig aus (d. h. in der Flächenansicht). Der Inhalt der Epidermiszellen ist farblos, ausser einigen Zellen, welche Piperin enthalten und dann abgerundet sind, im Gegensatz zu denen mit farblosem Inhalte, deren Wände mit scharfen Ecken aneinanderstossen.

Der Epidermis folgt nun die Pallisadenschicht (Taf. IV. Fig. 5, p.), deren Zellen in einer Reihe stehend, doppelt so lang als breit, an die Epidermiszellen flach anstossen, gegen das Blattparenchym abgerundet sind und in dieses hineinragen. Diese Schicht setzt sich durch das ganze Blatt über die Gefässbündel hinweg ununterbrochen fort.

Als Inhalt zeigen sich, und zwar immer, Chlorophyllkörner, unregelmässig gelagert, und eine so grosse Anzahl von Amylumkörnern, dass nach Behandlung mit Jod die Schicht sich als eine tiefschwarze Linie darstellt. Ausserdem kommen noch in reichlicher Anzahl schöne Drusen und Einzel-Krystalle von oxalsaurem Kalk vor.

An die Pallisadenschicht sich anschliessend folgt das Blattparenchym oder das pneumatische Parenchym (Taf. IV. Fig. 5, pp.).

Die Anzahl der Reihen ist nach den Species verschieden, innerhalb einer Species jedoch meistens constant.

Die Zellen zeigen eine rundliche Gestalt und lassen grosse mit Luft erfüllte Intercellularräume zwischen sich, wodurch das Blatt auf der Fläche weisse Stellen zeigt und deshalb eine besonders dadurch ausgezeichnete Species mit „*marmorata*“ bezeichnet wurde.

Der Inhalt besteht aus den schon oft erwähnten Stoffen, wie Chlorophyll, Amylum, oxalsaurem Kalk und rothem gelösten Farbstoff (Erythrophyll), letzterer namentlich bei *P. resedaeflora* und *P. rubella.* Ausserdem enthalten einige Zellen wiederum Piperin.

Abgeschlossen wird das Blatt nach unten von der Epidermis der Unterseite (Taf. IV. Fig. 5, eu.), deren Zellen rundlich, oft breiter als lang, bei *P. marmorata* ebenfalls wie auf der Oberseite papillenartig hervorragen.

Spaltöffnungen (Taf. IV. Fig. 5, sp.) treten auf der Unterseite des Blattes in grosser Anzahl zerstreut, nie in Gruppen, in gewöhnlicher Form auf, deren Schliesszellen Chlorophyllkörner enthalten. Der Inhalt der Epidermiszellen der Unterseite ist farblos, nur hin und wieder ist eine Zelle mit Piperin erfüllt. Das bei Besprechung der Haare und Drüsenköpfchen des Blattstieles und der Blattoberseite angeführte gilt auch von denen der Unterseite.

Aus dem Blattstiel treten in die Spreite die Gefässbündel immer direct in derselben Anzahl hinüber, die im Stiele vorhanden ist. Immer ist ein Mittelnerv, der deutlich an der Spitze des Blattes endigt, vorhanden; die übrigen Hauptnerven (bei *P. peltiformis* 6—8, bei *P. marmorata* 2—4, bei *P. resedaeflora* 4—6, und bei *P. rubella* 2) gehen vom Blattstiel strahlenförmig, vom Mittelnerv aus in convexem Bogen, ins Blatt über, um an der Spitze des Blattes zusammenzustossen, wodurch wir einen monocotylen Typus erhalten. Seitennerven kommen bis zum dritten Grade vor und anastomosiren. Auf der Unterseite des Blattes treten die Gefässstränge deutlich hervor.

Das einzelne Gefässbündel zeigt denselben Bau wie das des Blattstieles, das Xylem ist nach der Pallisadenschicht, also nach der Oberseite des Blattes und das Phloëm nach der Unterseite zugekehrt. Die dem Gefässbündel gegenüberliegende und an die Epidermis der Unterseite anstossende Zellreihe des Blattparenchyms ist bei allen Species collenchymatisch verdickt (Taf. IV. Fig. 5, coll.), wodurch das sichtliche Heraustreten der Gefässbündel an der Unterseite verstärkt wird. Zwischen Gefässbündel und der Epidermis der Unterseite liegen gewöhnlich zwei bis fünf Zellreihen des Blattparenchyms.

3. **Wachsthum und Anatomie der Wurzel.** Der Vegetationspunkt der Wurzelspitze zeigt drei Histogene. Wir haben ein centrales Plerom (Taf. V. Fig. 2, pl.), aus 8—11 Zellreihen bestehend, deren Zellen länger als breit, prismatisch sind. Umgeben ist das Plerom vom Periblem (Taf. V. Fig. 2, pi.), aus 5—8 Zellreihen,

deren Zellen, wenn nicht kubisch, so doch fast isodiametrische Form besitzen. Umhüllt werden beide Gewebsformen von der Epidermis, die, einschichtig, grosse breite Zellen aufweist, meistens jede Zelle mit einem grossen Oeltropfen als Inhalt. Entstanden ist die Epidermis aus dem Dermatogen (Taf. V. Fig. 2, de.), welches gleichmässig die Wurzelspitze umgiebt.

An der Spitze befindlich ist die Wurzelhaube (Taf. V. Fig. 2, wh.), vom Dermatogen sich ergänzend.

Die Entwicklungsgeschichte der Wurzel der Peperomien ist die nämliche, wie die der Piperaceen.

Ev. Weiss[1]) hat in seiner schon citirten Arbeit diese ebenfalls in kurzem berücksichtigt und lasse ich, da ich nur gleiches gefunden habe, seine Ausführungen hier folgen:

„Die Wurzelhaube wird von der Epidermiszelle aus ergänzt, selbst in den Regionen noch, wo die Wurzelhaube nur mehr aus 2—3 Zellreihen besteht, also verhältnissmässig schon ziemlich entfernt vom Scheitel. Die Epidermiszellen theilen sich durch eine tangentiale Wand in zwei ungleich grosse Zellen, von welchen die äussere die kleinere ist; in der so abgeschnittenen Wurzelhaubenzelle tritt alsbald eine radiale Wand ein.

Oft kann man bei zwei nebeneinanderliegenden Epidermiszellen in der einen erst die tangentiale Wand erkennen, während in der anderen bereits auch die darauffolgende radiale aufgetreten ist.

Sobald eine Wurzelhaube nicht mehr vorhanden ist, beginnen die Epidermiszellen sich auszustülpen und bilden so die Wurzelhaare. Diese Ausstülpungen werden von der Oberhautzelle nicht durch eine Scheidewand getrennt.“ —

— „Collenchym und Mark bilden sich in centrifugaler, Innen- und Aussenrinde in centripetaler Richtung aus. Die Zellen des Procambiums gehen in Dauerzellen über, indem die Theilung durch radiale und tangentiale Längswände zuerst in den Pericambiumzellen und darauf von hier nach innen und entsprechend der Ausbildung der Gefässe in seitlicher Richtung erlischt. Innerhalb des Phloëms tritt zuerst Reihencambium auf, dessen Bildung seitlich rechts und links fortschreitet.“ —

„Bei der Peperomien-Wurzel sind die Gefässe allein verholzt, wie auch im Stamm.“

---

[1]) J. Ev. Weiss l. c. pag. 359 ff.

III. Die Neubildungen an den Blattstecklingen von Peperomia.

Es wurden zum Zwecke der Untersuchung von den pag. 32 angeführten vier Species theils ältere, theils jüngere Blätter von kräftigen Mutterpflanzen geschnitten und zwar entweder unverletzte Blätter mit Blattstielen, deren Längen variirten (bis zu 15 mm.) oder Blätter mit Stielen, deren Spreite 4—6 mm. über dem Stiel durchschnitten waren oder endlich nur Stücke von Blattspreiten von verschiedener Grösse. Es wurden noch Neubildungen an Blattstücken von 50□ mm. erzeugt. Zum Versuche diente ein heizbarer mässig grosser Kasten mit Satteldach, wie sie im Pflanzenphysiologischen Institut zu Keimversuchen dienen. Der Einsatz des Kastens war mit Sand gefüllt, in welchen die Blätter unmittelbar nach dem Schneiden gesteckt wurden. Dieses Sandbeet war von Wasser umgeben, welches beliebig erhitzt werden konnte; hier wurde gewöhnlich eine constante Temperatur von 30° C. unterhalten.

Nach kurzer Zeit, 2—4 Tagen, wurden die Schnittflächen braun, der Blattstiel und das Blatt schwollen über der Schnittfläche an; bald, nach 4—6 Tagen, brachen aus den Schnittflächen und zwar immer in unmittelbarer Nähe der Gefässbündel Wurzeln hervor; ausnahmsweise auch durch die Epidermis des Blattstieles über der Schnittfläche, aber nie wurde die Epidermis des Blattes von einer Wurzel durchbrochen. Bei *Pep. peltiformis* und *Pep. resedaeflora,* die im Blattstiel ein centrales Gefässbündel besitzen, wurde an diesem nie eine Wurzelbildung beobachtet, es erzeugten sich Wurzeln nur an den Gefässbündeln der Peripherie und zwar dann an allen, oft traten sogar zwei Wurzeln an einem Gefässbündel auf. Die nun hervorgebrochenen Wurzeln zeigten ein freudiges Wachsthum und verzweigten sich vielfach. Haben die Wurzeln eine gewisse Länge erreicht, so bemerkt man ungefähr nach 10—14 Tagen und wiederum nur an der Schnittfläche kleine, mit blossem Auge wahrnehmbare Hügel (Taf. IV, Fig. 8, hg.), deren helle weissgelbe Farbe grell gegen die schmutzigbraune der Schnittfläche zwischen den Wurzeln absticht. Die Gestalt dieser Hügel ist erst eine halbkugelförmige, bald aber strecken sie sich zu Kegeln und wachsen schliesslich weiter aus, jedes zu einem Blatte, das die Form des der Mutterpflanze besitzt und an dessem Grunde ein Knöspchen zum Vorschein kommt. Die Anzahl dieser Hügel ist meistens eine sehr grosse (bis zu fünfzehn Hügel wurden einmal gezählt); sie erscheinen nicht zu gleicher Zeit, sondern zeigen verschiedenes Alter. Aus allen Hügeln werden aber nicht immer Pflanzen; selten ist es, wenn mehr

als drei junge Pflänzchen am Blatte ausgebildet werden. Die Hügel kommen nur an der Schnittfläche am Stiel (wie am Blatt) zum Vorschein.

Die Anordnung der Wurzeln und der Knospen an der Schnittfläche des Blattstieles ist derart, dass nach aussen zu die Wurzeln in einem Kreise stehen; von diesen umrahmt oder auch zwischen ihnen entstehen im Innern der Schnittfläche die Knospen. An den Schnittflächen der Spreite entstehen immer eine oder zwei Wurzeln an je einem Gefässbündel und seitlich von diesem erscheint später die Knospe.

Kallus wird nicht erzeugt [1]).

Wie bei Begonien, Gloxinien und überhaupt bei allen bis jetzt zur Vermehrung durch Blattstecklinge benützten Pflanzenarten, entstehen auch hier zuerst die Wurzeln und erst später, nachdem die Wurzeln eine gewisse Länge erreicht haben, erscheinen die Laubknospen, die bald in junge Pflänzchen auswachsen. Die Figuren 6, 7 und 10 auf Tafel IV. zeigen Ansichten von in Sand gesteckten Blättern, an denen Wurzeln und junge Pflanzen entstanden sind.

1. **Veränderungen der Gewebe in der Nähe der Schnittfläche.** In Betreff der inneren Vorgänge verhielten sich sämmtliche vier Species vollkommen gleich. Steckten die Blätter 3—4 Tage im Sande, so zeigte die Untersuchung, dass die erste vom Schnitt getroffene, oft auch die zweite Zellreihe abstarben und braun wurden; der Inhalt verschwand, einzelne der Zellen blieben länger lebensfähig, rundeten sich nach aussen zu ab, (Taf. IV. Fig. 11, r) zeigten eine kleine Verlängerung; jedoch auch diese Zellen starben dann bald ab. Trichome oder Pseudo-Wurzelhaare, wie sie F. Regel [2]) bei den Begonien fand, werden bei Peperomia nicht gebildet. Nach 2—4 Tagen zeigen die Zellen über den abgestorbenen Zellreihen der Schnittfläche am Blattstiel, wie an der Spreite lebhafte Theilungen, es treten tangentiale Wände auf, so dass das Gewebe das Aussehen von Korkgewebe erhält. Besonders werden die Zellen des Markes und des Blattparenchyms getheilt, weniger die des Collenchyms, während die Epidermis meistens unverändert bleibt. Am Blatt hin-

---

[1]) Ausser an *Peperomia* stellte ich an einigen *Crassulaceen (Crassula, Echeveria, Sempervivum)* Versuche an und will hier nur ganz kurz bemerken, dass bei den drei untersuchten Gattungen dieser Familie der Wurzelbildung eine Kallusbildung voranging. Ich behalte mir die ausführlichere Mittheilung über eine Untersuchung an *Crassulaceen* für später vor.

[2]) F. Regel l. c. pag. 458.

gegen nimmt ausser dem Parenchym und der Pallisadenschicht die Epidermis der Oberseite hervorragenden Antheil; auch hier am Blatt (Taf. IV. Fig. 12) schliesst sich das Gewebe durch ein Periderma ab.

Der Inhalt der Zellen verschwindet, er wird zur Bildung der neuen Wände verbraucht. Einige der Zellen theilen sich nur in zwei oder vier Tochterzellen; jedoch die meisten Zellen erfahren durch Auftreten radialer Wände weitere Theilungen; es erscheinen nun wieder in den neuen Tochterzellen tangentiale, darauf radiale Wände und so fortgehend entsteht endlich ein Maschenwerk (Gitter) von Zellen. Die Figur 11 auf Tafel IV. zeigt bei gm derartige Zellen in verschiedenen Theilungsstufen. In einer Mutterzelle wurden auf einem Längsschnitt nicht weniger als neunzig neue Tochterzellen gezählt.

Die Zellwände der so gebildeten neuen Zellen, als auch die der Mutterzellen werden nach einiger Zeit braun. Betheiligt sind, wie schon oben erwähnt, bei diesem Vorgange namentlich das Grundgewebe zwischen den peripherischen Gefässbündeln und das Collenchym des Stiels, das pneumatische Parenchym, die Pallisadenschicht, die obere Epidermis der Spreite und weniger die Epidermis des Blattstiels und die untere der Blattspreite.

Diese so lebhafte und so oft wiederholte Theilung des Grundgewebes tritt an der Blattspreite nicht in dem Maasse auf, als es so häufig am Stiel der Fall ist. Vor der Anlage der Wurzeln theilen sich die Zellen der verschiedenen Gewebe nur in zwei oder vier Tochterzellen und erst nachher zerfallen sie in eine so grosse Anzahl von Tochterzellen.

Ist die Anlage der neuen Wurzel deutlich zu erkennen, so gehen noch weitere Theilungen und Umbildungen des Gewebes unterhalb der Schnittfläche vor sich. Es treten nämlich zwischen den einzelnen Gefässbündeln des Blattstieles und zwar an bestimmter Stelle, in den grossen Parenchymzellen zwischen den Cambialzellen des einen und denen des benachbarten Gefässbündels, tangentiale Zellwände auf, oft vier bis fünf parallele, von der Art (Taf. V. Fig. 3, cz.), so dass wir, an den Ursprung denkend, dies neue Wachsthum als Bildung von Interfascicularcambium auffassen müssen. Die Zellen dieses neu entstandenen Cambiums erleiden nun weiterhin eine Umbildung. Zuerst werden die an das Cambium des Gefässbündels angrenzenden neuen Zellen zu schraubig verdickten Gefässzellen umgebildet (Taf. V. Fig. 3, lt.). Diese Umbildung erstreckt sich auf einen grossen Theil des nachträglich gebildeten Interfascicularcambium und so entstehen grosse Knäuel derartig verdickter Gefässzellen an jeder Seite

des Gefässbündels, so weit dieses nicht von der Bildung einer Wurzel in Anspruch genommen ist. Nach einiger Zeit erfahren auch die zwischen ihnen liegenden Zellen die gleiche Umbildung, ohne jedoch Anlass zur Bildung eines Knäuels zu geben.

Auf diese Weise wird eine ununterbrochene Reihe von Gefässzellen zwischen den Gefässbündeln hergestellt und diese somit eng verbunden. Auch Tochterzellen von anderen, über den Gefässbündeln liegenden Parenchymzellen werden derartig umgebildet; jedoch ist eine Verbindung dieser mit dem zwischen den Bündeln liegenden Zuge fast immer zu finden; diese letztere Bildung erstreckt sich oft weit in's Innere des Blattstiels. An der Blattspreite gehen ähnliche Bildungen vor sich. Auch hier, wenn die Wurzelanlage zu erkennen ist, zweigen sich vom Cambium des Gefässbündels cambiale Züge ab, indem sich die an das Bündel anstossenden Zellen des pneumatischen Blattparenchyms durch tangentiale Zellwände theilen; derartige Züge verlieren sich aber bald in dem Gewebe, ohne mit denen der benachbarten Gefässbündel zusammenzutreffen, was ja in der Natur der Sache liegt. Ganz analog den neuen cambialen Zellen im Blattstiel verdicken sich hier auch die Wände dieser Zellen schrauben- oder netzförmig zu Gefässzellen, die in der Nähe der Gefässbündel ebenfalls knäuelweise zusammenliegen.

Durch diese Vorgänge wird dem von der Mutterpflanze abgetrennten Theil ein gegen äussere schädliche Einflüsse entsprechender Schutz gewährt, um dann gehörig vorbereitet zur Bildung von Wurzeln und Knospen zu schreiten.

2. **Entstehung der Beiwurzeln.** Während der hier beschriebene Process über der Schnittfläche an Stiel und Spreite vor sich geht, finden wir, dass auch innerhalb des Gefässbündels nach drei bis vier Tagen, oft auch etwas früher, je nach dem Alter der betreffenden, in den Sand gesteckten Blätter, sich alle Zellen des Gefässbündels, nur die Gefässe allein ausgenommen, mit Protoplasma füllen; der Inhalt wird verbraucht; es treten Zellkerne auf, die fast den ganzen Raum der Zelle einnehmen. In den hier zugehörigen Zeichnungen wurde die Darstellung des Inhaltes der Zellen im Interesse der Deutlichkeit unterlassen. Man hat sich aber alle Zellen mit Protoplasma und Zellkern gefüllt zu denken.

Ebenso, wie schon im vorigen Abschnitt gezeigt, nehmen die den Gefässbündeln anliegenden Parenchymzellen des Grundgewebes Antheil an dieser Thätigkeit. Ist diese nun eingetreten, so zeigen weitere Querschnitte Theilungen im Cambium (Taf. IV. Fig. 13, c.) und auch Streckung der Cambialzellen und, wenn das Cambium

schon in Dauergewebe übergegangen, auch in diesem gleiche Vorgänge. Man glaubt ein nachträgliches Dickenwachsthum vor sich zu haben, namentlich bei Betrachtung des nach der Peripherie des Stieles oder der Epidermis der Spreite vorgeschobenen Bastes. (Taf. IV. Fig. 13, db und lb.) Allerdings tritt dies nicht immer so deutlich auf, wie es in Figur 13 auf Tafel IV. dargestellt; nur wenige Male habe ich das Glück gehabt, es in dieser Weise zu sehen.

Nach ungefähr sechs bis zehn Tagen zeigt ein Querschnitt des Blattstieles folgendes:

Auf den ersten Blick fällt dem Beobachter ein halbkugelförmiges Meristemgewebe von neuentstandenen Zellen auf (Taf. V. Fig. 1, Wz.); wir haben hier die Anlage der neuen Wurzel vor uns, hervorgegangen durch Theilung der Cambialzellen. Die Theilwände stehen aber hier tangential und nicht radial, wie F. Regel[1]) bei *Begonia* gefunden und was ich bestätigen muss.

Bei der Untersuchung der Entstehung der Beiwurzeln von *Begonia* glaubt F. Regel annehmen zu müssen, dass

> „die Herausbildung der Histogene, welche das Wachsthum der Wurzeln vermitteln, aus dem indifferenten Zellencomplex der ersten Anlage von Innen nach Aussen hervorzugehen scheine, also vom Plerom ausgehe."

Von *Peperomia* muss ich dasselbe annehmen. Immer theilen sich von neuem die dem Plerom zunächstliegenden Cambialzellen und ebenfalls die als Plerom (pl) in der Figur bezeichneten Zellen.

Weitere Betrachtung des Querschnittes zeigt, dass aus der das Plerom (pl) überlagernden Zeilreihe das Periblem (pi), aus der folgenden das Dermatogen (d) und endlich aus der über d liegenden Zellreihe die durch Theilung des Dermatogens entstandene Wurzelhaube hervorgeht. Durch weitere Theilung der Pleromintialen geht dann rasch ein Pleromcylinder mit acht bis elf Zellreihen hervor, umgeben von den ebenfalls rasch in Theilung zerfallenen Periblemzellen, die im Gegensatz zum Plerom deutlich regelmässig-polygonale Gestalt zeigen, während die Pleromzellen schmal länglich gestreckt sind.

Ist die Wurzel in ihrem Wachsthum noch weiter fortgeschritten und wie hier auf Tafel V. Figur 2, an der Spitze schon mit drei Zellreihen der Wurzelhaube umgeben, so sieht man deutlich, wie die Gefässe des Pleromcylinders durch Vermittelung von Tracheidenzellen mit den Gefässen des betreffenden Bündels des Blattstieles in Verbindung treten, während Periblem und Dermatogen der Wur-

---

[1]) F. Regel l. c. pag. 464.

zel sich den übrigen Elementen des Bündels (das Dermatogen an die Zellen der Gefässbündelscheide) anschliessen.

Der erste Schritt zur Neubildung einer Beiwurzel bei *Peperomia* wird also in der Cambiumzone des Gefässbündels gethan; hier entsteht das Plerom, von dem das Wachsthum der Wurzel ausgeht.

Die Anlage der Wurzel geschieht, wie mir dies zahlreiche Querschnitte bewiesen, immer endogen und zwar immer von der Cambiumzone eines Gefässbündels aus, diesem seitlich aufsitzend; indem sich aber die Wurzelanlage später in etwas schiefer Richtung verlängert, so scheint dieselbe aus dem Phloëmtheil des Bündels hervorzugehen; immer aber wird man die Pleromzellen bis an das Cambium des Gefässbündels verfolgen können.

Die neue Wurzel wächst im Innern des Blattstiels zuerst in radialer Richtung, indem die vor ihr liegenden Zellwände des Grundparenchyms theils resorbirt, theils gedrückt und bei Seite geschoben werden; später aber, ehe sie ganz an den Rand des Blattstieles gelangt, gewöhnlich vor der Collenchymschicht, wächst sie nach unten, parallel der Axe des Stieles und gelangt durch die Schnittfläche nach aussen.

Wie schon auf pag. 38 gesagt, brechen selten Wurzeln durch die Epidermis des Blattstieles.

Ist das Wachsthum der Wurzel im Innern des Blattstieles so weit vorgeschritten, wie dies die Figur 2 auf Tafel V zeigt, so macht sich gewöhnlich schon das erste Gefäss bemerkbar; es werden die am Cambium liegenden Holzzellen des Xylems zu den auf pag. 40 beschriebenen Gefässzellen (lt) umgewandelt, die daran stossende Zelle des Pleroms macht dieselbe Umwandlung durch, die darauf folgende ebenfalls und so fort; die Zwischenwände werden resorbirt und das erste Gefäss ist fertig (Tafel V. Figur 2, 1 gf.). Sind erst einige Wurzeln an das Tageslicht getreten und werden noch andere angelegt, so haben wir dann durch einen Querschnitt ein Bild, wie es uns die Figur 3 auf Tafel V bietet.

Die erste Anlage der Wurzel in der Blattspreite, wie auch die weitere Entwickelung, ist die ganz gleiche, wie die so eben beschriebene des Blattstieles. Wiederum ist hier die Cambiumzone, oder in alten Blättern das daraus hervorgegangene Dauergewebe der Ursprung der Pleromínitialen, von diesen geht das Wachsthum der Wurzel aus. Auf Tafel V zeigt die Figur 4 die Richtung des Wachsthums der Wurzel. Die die Wurzel umgebenden Zellen des pneumatischen Parenchyms werden ebenso, wie die des Parenchyms des Blattstiels, resorbirt, gedrückt, bei Seite geschoben und gestat-

ten so der Wurzel den Austritt durch die Schnittfläche; nie wurde ein Durchbrechen der Wurzel durch die Epidermis der Spreite beobachtet. Figur 15 auf Tafel IV. zeigt eine ältere ausgetretene, schon mit Wurzelhaaren versehene Wurzel; man sieht hier deutlich, wie dieselbe das sie umgebende Gewebe beim Austritt bei Seite geschoben (ab) hat. Gewöhnlich findet die Wurzel ihre Ausbildung und ihren Austritt im pneumatischen Parenchym der Blattspreite; in einigen Fällen jedoch war, natürlich immer bei seitlicher Entstehung der Wurzel am Gefässbündel, eine andere Wachsthumsrichtung eingetreten; die junge Wurzel durchbrach dann das Pallisadengewebe, wuchs in der oberen Epidermis weiter und bog sich dann nach der Schnittfläche zu, um den Austritt zu erlangen.

Die die neue Wurzel im betreffenden Gewebe umgebenden Zellen werden vielfach getheilt; jedoch kommt es nie zu einer vollständigen Korkumhüllung der Wurzel, wie es S. Arloing in seiner Untersuchung an Cacteen-Stecklingen beobachtete [1]); ebenso fand ich nie, dass sich eine Wurzel schon vor dem Austritt in's Freie im betreffenden Gewebe verästelte, was S. Arloing ebenfalls von den Cacteen anführt.

Hieran anschliessen will ich noch, dass bei *Peperomia* nie direct an der Schnittfläche gelegene Zellen zu Pseudo-Wurzelhaaren auswachsen, was nach F. Regel [2]) bei *Begonia* in den Epidermiszellen des Blattstiels immer der Wurzelbildung vorausgeht [3]).

3. Entstehung und Entwickelung der Adventivknospen.

a. Am Blattstiel: Haben die an der Schnittfläche des Blattstieles erschienenen Wurzeln eine gewisse Länge erreicht, so sieht man bald mit blossem Auge auf der Schnittfläche mehrere kleine weisse Hügel entstehen, die sich bald strecken und zu jungen Pflänzchen auswachsen.

Die Schnittfläche schliesst sich, wie schon früher beschrieben (pag. 39), durch Bildung von Korkgewebe von aussen ab. Die direct unter dieser Gewebeschicht liegenden Parenchymzellen theilen sich schon frühe, gleichzeitig mit Bildung der Korkschicht, durch tangentiale Wände. Sind dann die jungen Wurzeln hervorgebrochen und in ihre Functionen eingetreten, so gehen in einzelnen Gruppen der vorhin erwähnten Parenchymzellen noch weitere Radial- und Tangentialtheilungen vor sich, in Folge deren dieselben in eine grosse Anzahl

---

[1]) S. Arloing l. c. pag. 59.

[2]) F. Regel l. c. pag. 458.

[3]) Etwas Aehnliches beobachtete ich an Blattstecklingen von *Echeveria*. Hier rundeten sich einige Zellen des Blattparenchyms, nicht der Epidermis, an der Schnittfläche ab, wurden länger, so dass sie weit über die Schnittfläche herausragten.

von Tochterzellen zerfallen. Es werden so Meristeme erzeugt, welche sich stetig vergrössern und die Korkschicht durchbrechen.

Diese Meristeme kommen dann immer in Form von Hügeln an der Schnittfläche zum Vorschein. Niemals wird die Epidermis des Blattstieles durchbrochen, noch setzt sich dieselbe über die Hügel fort.

Während die Gefässbündel an der Schnittfläche frei liegen, wenn sich keine derartigen Hügel am Blattstiele bilden, so erscheint es im anderen Falle, als ob dieselben durch die die Bündel umgebenden Parenchymzellen überwallt werden, indem die Meristemhügel auf ihre Umgebung einen Druck ausüben.

Das Meristem nun differenzirt sich nach einiger Zeit. An der Spitze desselben ist der oft sehr verlängert kegelförmige Vegetationspunkt (Tafel IV. Fig. 16, v.) zu beobachten, unterhalb dieses kommt dann das erste Blatt, oder mehrere zugleich, je nach der Species von *Peperomia* zum Vorschein. Der Stamm der neuen Pflanze kann oft sehr lang werden, bevor das erste Blatt zur Entwickelung kommt (Tafel IV. Fig. 6).

Der Vegetationspunkt liegt immer sehr versteckt am Grunde des obersten Blattes, wie dies auch bei natürlich an der Mutterpflanze entstandenen Knospen der Fall ist. Die Blattstiele der *Peperomien* zeigen nämlich auf ihrer Oberseite eine mehr oder weniger tiefe Furche, in welcher die junge Knospe tief eingebettet liegt und selten auf den ersten Blick zu sehen ist. Die Anzahl der hervorbrechenden Hügel ist oft eine sehr grosse (Tafel IV, Fig. 8, hg.); es entwickeln sich aber gewöhnlich nur zwei, selten mehrere Pflanzen aus denselben. Sehr häufig ist der Fall, dass unterhalb der Spitze der neu entstandenen Pflanze an dem nun zum Stamm entwickelten ehemaligen Vegetationskegel noch andere Knospen entstehen, die dann wirkliche Adventivknospen und endogenen Ursprungs sind (Taf. IV. Fig. 7, ad.).

Noch ehe das erste Blatt zur völligen Entfaltung gekommen ist, entstehen in dem meristematischen Gewebe des Stammes, welcher das Blatt und die Endknospe trägt „procambiale Züge," die zu den schon früher beschriebenen schraubig verdickten Leitbündelzellen umgewandelt werden, schliesslich zu einem Gefässbündel werden; dieses schliesst sich dann entweder an einen alten Gefässstrang des Blattstieles an oder bleibt auch ohne Verbindung mit diesen. Ausserdem bilden sich an dem Stamme des jungen Pflänzchens, soweit er vom Sande bedeckt ist, eine Menge von Adventivwurzeln (Taf. IV. Fig. 6), die ebenfalls aus dem Cambium des neuen Gefässbündels entstehen.

b. An der Blattspreite: Gerade so wie beim Blattstiel, vernarben erst die Schnittflächen des Blattes, und nachdem Wurzeln

zum Vorschein gekommen sind, sieht man und zwar meist in unmittelbarer Nähe des Entstehungsortes der Wurzeln, selten weiter davon Hügel, die den am Blattstiele auftretenden völlig gleichen und ganz in derselben Weise auswachsen und zu jungen Pflänzchen werden, wie am Blattstiel (Taf. IV. Fig. 10).

Während beim Blattstiel die Zellen des Grundparenchyms den Ursprung eines solchen Hügels geben, sind es bei der Spreite die Zellen des Blattparenchyms (Taf. IV. Fig. 14 und Taf. V. Fig. 5). Betheiligt an der Entstehung eines Hügels ist immer nur das Blattparenchym; auch bilden nur einige Zellen desselben direct unter der Schnittfläche die Initialen eines Hügels.

Die Weiterentwickelung der Meristemhügel zu Laubsprossen ist die nämliche, wie die der am Stiele erzeugten.

Wenn die jungen Pflänzchen älter werden, so lösen sie sich von dem Mutterblatte ab, d. h. es wird zwischen dem Mutterblatte und der Ansatzstelle der jungen Pflanze im Grundparenchym des Blattstieles, resp. in den Geweben der Blattspreite eine vollständige Korkschicht gebildet und dann das alte Blatt abgestossen, wodurch die junge Pflanze jetzt auf sich angewiesen ist. Ehe aber das Loslösen vor sich geht, haben sich eine Menge Wurzeln am Stamm der jungen Pflanze gebildet, die dann allein die Ernährung übernehmen. Die am Mutterblatte erzeugten Wurzeln haben nur dieses zu ernähren und die Bildung neuer Pflänzchen zu begünstigen. Das Loslösen vom Mutterblatte geschieht oft sehr spät; an einige Jahre alten Blattstecklingen ist oft das Mutterblatt noch vorhanden.

Hat die junge Pflanze erst selbst neue Wurzeln gebildet, so sind die blattständigen Wurzeln nicht mehr zu ihrer Ernährung nöthig; es treten auch die Gefässbündel der neuen Pflanze höchst selten in eine Verbindung mit denen der am Mutterblatte erzeugten Wurzeln.

Vergleicht man die Entstehungsweise der Beiwurzeln an Blattstecklingen verschiedener Pflanzen, namentlich an *Begonia* und *Bryophyllum*, so wird man finden, dass bei *Peperomia* die Wurzeln auf gleiche Weise erzeugt werden; es kann daher nur das schon bekannte auch für *Peperomia* bestätigt werden.

In Bezug auf die Entstehungsweise der Adventivknospen dagegen weichen die *Peperomia*-Blattstecklinge von allen bisher beobachteten Fällen ab.

Nach den Beobachtungen von Regel entstehen die Knospen an Stiel und Spreite der *Begoniaceen* aus den Epidermiszellen, nach Berge bei *Bryophyllum* aus dem unmittelbar unter der

Epidermis liegenden Urparenchym, die Epidermis des Blattes geht hier vollständig auf die Knospe über, man sieht kein „bei Seite schieben" von Geweben, um den Austritt den Knospen zu ermöglichen, nach Magnus gehen die Knospen aus den peripherischen Zellen des Blattes von *Hyacinthus* hervor.

Bei *Peperomia* entstehen die Knospen aus dem Grundparenchym des Blattstieles, resp. aus dem Blattparenchym der Spreite, in beiden Fällen jedoch immer unabhängig von den Gefässbündeln. Die erste Anlage einer Knospe bildet sich immer aus einer Zellgruppe in einer oder mehreren Schichten der betreffenden Gewebe hervor, die direct unter der vernarbten Schnittfläche liegen. Wenn die Vernarbung der Schnittfläche des Stecklings nicht nöthig wäre und somit nicht geschähe, so würden vermuthlich die gesunden, nicht vom Schnitt betroffenen Zellen der Schnittfläche der oben genannten Gewebe die Grundlage zur Bildung einer Knospe geben.

Allerdings findet jedesmal ein Durchbrechen der sehr wenig mächtigen Korkschicht statt, aber nur dieser; der endogene Ursprung der Knospen ist daher nur scheinbar; vielmehr sind dieselben als exogen aufzufassen.

IV. Zusammenstellung der Ergebnisse der Untersuchung.

1. An der Schnittfläche von Blattstecklingen von *Peperomia* wird kein Kallus erzeugt; die Schnittfläche wird allein durch eine Korkschicht — Wundkork — abgeschlossen.

2. Am Blattstiel nehmen an der Bildung des Wundkorkes Theil: immer das Grundparenchym, weniger die Collenchymzellen und sehr selten die Epidermis; an der Spreite: ausser dem Blattparenchym die Pallisadenschicht, die Epidermis der Oberseite mehr als die der Unterseite.

Der Inhalt der Zellen wird vollständig zur Bildung der neuen Zellwände verbraucht.

3. Im Blattstiel werden die Cambialregionen der peripherischen Gefässbündel bei der „Verheilung" der Schnittwunde durch procambiale Züge mit einander verbunden, deren Zellen fast immer in schraubig verdickte Gefässzellen (Leitbündelzellen) verwandelt werden. Auch in der Spreite finden gleiche Vorgänge statt.

4. Nach einer gewissen Zeitdauer des Versuches füllen sich, die Gefässe ausgenommen, alle Theile des Gefässbündels mit Protoplasma und werden so theilungsfähig.

5. Ist das Cambium der Gefässbündel schon in Dauergewebe übergegangen, so wird dies nach einiger Zeit wieder theilungsfähig.

6. Die Anlage der Beiwurzeln geschieht immer endogen und immer in der Cambialregion des Gefässbündels. In dieser Region entsteht zuerst das Plerom, von dem das Wachsthum ausgeht; Periblem und Dermatogen gehen durch Theilung der Pleromінitialen aus diesen hervor und schliesst sich ersteres im weiteren Wachsthum an den Holz- und Basttheil des Gefässbündels und das Dermatogen an die Gefässbündelscheide an.

7. Die Wurzel von *Peperomia* wächst mit drei Histogenen.

8. Die Wurzeln durchbrechen am Blattstiel sehr selten die Epidermis, gewöhnlich aber den Wundkork der Schnittfläche. An der Spreite treten die Wurzeln mit Durchbrechung der verschiedenen Blattgewebeschichten immer an der Schnittfläche heraus.

9. Sind die Wurzeln einmal herausgetreten, so wachsen sie sehr schnell und verästeln sich bald. Nie ist eine Wurzel schon im Innern des sie umgebenden Gewebes verästelt.

10. Pseudo-Wurzelhaare werden bei *Peperomia* nie gebildet.

11. Die Anlage der adventiven Laubsprosse geschieht stets in dem Grundparenchym des Blattstieles und in dem Blattparenchym der Spreite direct unter der Schnittfläche, niemals aber am Gefässbündel. Zuerst bildet sich durch wiederholte Theilungen gewisser Zellgruppen genannter Gewebe ein Meristemhügel, der sich über die Schnittfläche erhebt und fast immer zu einem kegelförmigen Stämmchen auswächst, dessen Spitze aus kleinzelligem Meristem gebildet ist und den Vegetationspunkt darstellt, aus welchem sich die Laubknospe entwickelt. Die Adventivknospen entstehen daher exogen und durchbrechen nur den Wundkork.

12. Das im Stamm der neuen Pflanze neu gebildete Gefässbündel entsteht zeitig, lange bevor die ersten Blättchen zur Entfaltung gekommen sind, es schliesst sich an eines der Gefässbündel des Mutterblattes an oder tritt auch mit diesen in keine Verbindung.

13. Die neue Pflanze schliesst sich durch eine Korkschicht vom Mutterblatt ab und ernährt sich durch adventive Wurzeln, die aus dem Stamme hervorbrechen; mit den Wurzeln des Mutterblattes tritt sie in keine Verbindung.

14. An Blattstecklingen von *Crassulaceen* wird Kallus erzeugt.

Breslau, Januar 1878.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel IV.

Fig. 1. Querschnitt durch den Blattstiel von *Peperomia peltiformis.* Vergr. 4.

Fig. 2. " " " " " *Pep. marmorata.* Vergr. 4.

Fig. 3. " " " " " *Pep. resedaeflora.* Vergr. 4.

Fig. 4. " " " " " *Pep. rubella.* Vergr. 20.

Fig. 5. Querschnitt durch die Blattspreite von *Pep. peltiformis.* Vergr. 60.

Fig. 6. Ein Blatt von *Pep. peltiformis* mit einer am Blattstiel entstandenen jungen Pflanze. $^1/_2$ d. nat. Gr.

Fig. 7. Ein Blatt von *Pep. marmorata* mit 2 jungen Pflanzen. $^1/_2$ d. nat. Gr.

Fig. 8. Ansicht einer Schnittfläche am Blattstiel von *Pep. peltiformis* (nach sechs Tagen des Versuches). Vergr. 3.

Fig. 9. Längsschnitt durch diesen Blattstiel. Vergr. 5.

Fig. 10. Stück eines Blattes von *Pep. peltiformis* mit neu gebildeten Wurzeln und Laubknospen. $^1/_2$ d. nat. Gr.

Fig. 11. Längsschnitt durch das Parenchym des Blattstieles von *Pep. peltiformis;* Neubildung; er zeigt die mehrfach getheilten Zellen. Vergr. 170.

Fig. 12. Längsschnitt durch die Blattspreite von *Pep. marmorata;* er zeigt ebenfalls die mehrfach getheilten Zellen. Vergr. 60.

Fig. 13. Querschnitt durch ein Gefässbündel des Blattstieles von *Pep. marmorata* nach ca. 8 Tagen des Versuches. Theilung des Cambiums und Verschieben des Phloëms des Bündels. Vergr. 170.

Fig. 14. Längsschnitt durch die Blattspreite von *Pep. peltiformis.* Bildung des Meristemhügels, aus welchem die Laubknospe entsteht. Vergr. 40.

Fig. 15. Längsschnitt durch die Blattspreite von *Pep. peltiformis* mit einer ins Freie getretenen Wurzel und deutlichem Abschlusse der Schnittfläche. Vergr. 20. Schematisch.

Fig. 16. Längsschnitt durch eine am Blatt erzeugte Laubknospe von *Pep. peltiformis.* Vergr. 40.

Tafel V.

Fig. 1. Querschnitt durch ein Gefässbündel des Blattstieles von *Pep. marmorata* mit erster Anlage der Beiwurzel. Vergr. 200.

Fig. 2. Querschnitt durch ein Gefässbündel des Blattstieles von *Pep. resedaeflora* mit junger Beiwurzel. Vergr. 170.

Fig. 3. Querschnitt durch den Blattstiel von *Pep. resedaeflora.* Derselbe zeigt in verschiedenen Stadien befindliche Beiwurzeln. Vergr. 90.

Fig. 4. Längsschnitt durch die Blattspreite von *Pep. peltiformis* mit junger Beiwurzel. Vergr. 40.

Fig. 5. Querschnitt durch die Blattspreite von *Pep. marmorata* mit junger den Kork durchbrechenden Laubknospe. Vergr. 60.

Fig. 6. Längsschnitt durch eine junge Pflanze von *Pep. marmorata*, auf der Schnittfläche der Blattspreite aufsitzend. Vergr. 20. Schematisch.

Bedeutung der Buchstaben der Figuren.

e = Epidermis, eo = obere Epid., eu = untere Epid., oeo = äusserste Zellen der Epid., coll = Collenchym, m = Grundparenchym, Mark, o = Zellen mit Piperin, p = Pallisadenschicht, pp = Blattparenchym (pneumatisches Par.), n = Blattnerv, Bl = Blatt, wz = Wurzel, Wtr = Wurzelhaare, we = Epidermis der Wurzel, de = Dermatogen, pi = Periblem, pl = Plerom, wh = Wurzelhaube, s = Scheitel, gf = Gefässbündel, x = Xylem, h = Holzzellen, g = Gefässe, ph = Phloëm, dc = Dauercambium, c = Cambium, db = dickwandiger Bast, lb = dünnwandiger Bast, gs = Gefässbündelscheide, hg = Hügel (Meristem-Hügel), kn = Laubknospe, r = abgerundete Zellen, gm = maschenwerkartig getheilte Zellen, k = Kork, cz = procambiale Züge, lt = schraubig und netzförmig verdickte Zellen, V = Vegetationspunkt, d = Drüsenköpfchen, ab = abgestorbene Zellen.

Entwicklungsgeschichte einiger Rostpilze.

Von

Dr. J. Schroeter.

(Fortsetzung von Band I. Heft 3. Seite 1.)

II.

v. Albertini und v. Schweiniz fanden zuerst in der Schlesischen Oberlausitz bei Niesky einen rothen Rost auf *Ledum palustre* L., den sie in ihrem *Conspectus fungorum* 1805 als *Uredo Ledi* beschrieben haben [1]).

Späterhin ist der Pilz fast ganz in Vergessenheit gerathen; in der mir zugänglichen Literatur finde ich *U. Ledi* immer nur unter der Autorschaft von Alb. et Schw. citirt ohne Angabe neuer Fundorte. Auch in den Herbarien, die ich bezüglich der Uredineen durchzusehen Gelegenheit hatte, fand ich ihn nur einmal in einer kleinen Probe, die von der Hand Auerswald's die Bezeichnung trug: *Aecidium Ledi* Awd., *Labradori Hebron. ad fol. Ledi latifolii.*

Nach alledem war es mir erfreulich, dass ich diese anscheinend seltene oder doch vernachlässigte Uredinee nach und nach von verschiedenen neuen Standorten erhielt, nämlich durch Prof. Kny, welcher sie Mitte Juni 1867 im Swinemoor auf Usedom in Pommern sammelte, sodann von Lehrer Gerhardt, der sie Ende Juli 1871 auf der Lomnitzer Haide im Schlesischen Riesengebirge antraf, und endlich von Pfarrer Schoebel von Brinnitz bei Kupp in Oberschlesien. Letzterer hatte die Freundlichkeit mir zu verschiedenen Zeiten im Jahre frisches Material des Pilzes einzusenden, und durch diese Sendungen besonders war ich

[1]) J. B. de Albertini et L. D. de Schweiniz. Conspectus fungorum in Lusatiae superioris agro Niskiensi crescentium. Lipsiae 1805. S. 125.

im Stande die Entwicklung des Pilzes so weit zu beobachten, wie dies ohne Culturen auf lebenden Nährpflanzen möglich war.

Die *Uredo*-Häufchen finden sich nur auf der Unterseite der Blätter. In der Mitte Juni bis in den Juli hinein, wo sie an den jungen am Rande eingerollten Blättern am üppigsten entwickelt sind, sind sie schwer zu erkennen, weil sie flach ausgebreitet und zwischen den dichten rothbraunen Filzhaaren ganz versteckt sind, man entdeckt ihre Anwesenheit aber auch zu dieser Zeit leicht dadurch, dass die Oberseite der Blätter an der Stelle, wo sie sich befinden, in grösserem Umfange röthlichgelb oder gelbbräunlich verfärbt ist. Leichter sind sie in der ersten Zeit ihres Auftretens, im Mai bis Anfang Juni zu erkennen, wenn sie an den grösseren, flachen und auf der Unterseite fast glatten Blättern auftreten. Diese sind in den mir eingesendeten Exemplaren oft bis 6 cm. lang, 1 cm. breit, oder 4 cm. lang, 12 mm. breit; an ihnen stehen die Uredohäufchen in kreisförmigen Gruppen von 2—3 mm. Dchm. von einander getrennt zusammen, auf einem gemeinschaftlichen gelblich verfärbten Flecke, und zwar oft 4 bis 5 solcher Flecke auf demselben Blatte. Manchmal bilden sie auch nur einfache kreisförmige Ringe. Die besondere Grösse und Breite dieser Blätter scheinen Alb. et Schw. der Einwirkung des Pilzes zuzuschreiben, ich glaube aber nicht, dass dies der Fall ist.

Die einzelnen Häufchen sind rund, von sehr geringem Durchmesser, kaum ¼ mm. breit, sie werden am Grunde von einer kurzen Scheide umgeben, über welche sich die Sporen noch weit erheben, so dass sie kleine Säulchen von etwa 1 mm. Höhe bilden. Sie sehen dadurch einem Aecidium ähnlich und schon Alb. und Schw. meinten, man könne diesen Rost im ausgebildeten Zustande zu den Aecidien rechnen; auch Auerswald hat ihn, wie erwähnt, als Aecidium bezeichnet. Ich finde im Bau seines *Aec. Ledi* nicht den geringsten Unterschied von *Ur. Ledi* Alb. et Schw.

Auf Durchschnitten sieht man, dass die Blattsubstanz im Bereiche der gelblichen Verfärbung von einem reich verzweigten, 5 bis 6 Mik. breiten, von orangerothen Oeltropfen erfüllten Mycel durchsetzt ist, das sich unter der Epidermis zu einem dichten Lager verwebt. Von diesem werden die Uredo-Sporen kettenförmig abgeschnürt. Am Grunde sieht man meist mehrere Reihen junger Zellen, die stark zusammengedrückt, auf dem Durchschnitte quadratisch oder oblong erscheinen mit stark lichtbrechendem Inhalt erfüllt. Sie gehen allmählich in die ausgebildeten Uredosporen über. Diese sind ebenfalls sehr dicht gelagert, im Einzelnen elliptisch, oft aber

durch den gegenseitigen Druck eckig oder stellenweise zugespitzt, 22 bis 26 Mik. lang (meist 22 bis 23), 14 bis 20 Mik. breit. Ihre Membran ist gleichmässig, etwa 2 Mik. dick, farblos, dicht besetzt mit stumpf abgerundeten, durchsichtigen Körnchen, die sich durch Verschiebung des Deckglases theilweise leicht abstreifen lassen. Durch diese erscheint die Membran auf der Fläche körnig punktirt, auf der Durchschnittsansicht stäbchenförmig gestreift; Keimpunkte sind nicht deutlich sichtbar. Der Inhalt ist durch orangerothes Oel gefärbt. — Die äusserste Lage der Sporen ist meist verflacht, und die einzelnen Sporen sind hier oft membranartig verklebt, es wird dadurch eine Art falschen Peridiums gebildet, dieses ist aber sehr unvollkommen, indem sich auf dem Durchschnitte seine Zellen von den benachbarten Sporenlagen fast gar nicht unterscheiden. Der deutlich unterschiedene Theil der Röhren, welche den unteren Theil des Säulchens umfasst, wird von der emporgehobenen Epidermis gebildet. Spermogonien konnte ich nicht finden.

Manchmal brechen die Sporenlager des Pilzes auch aus der Oberhaut junger Zweige und Blattstiele hervor. Sie bilden hier grössere, oft reihenweise gestellte Polster von $\frac{1}{2}$ bis 1 mm. Länge und Breite, verhalten sich aber im Uebrigen so, wie auf den Blättern.

Die Uredosporen breiten sich den ganzen Sommer über aus, die Häufchen werden später breiter, die kettenförmige Verbindung der Sporen lockerer. Der Inhalt der Sporen verblasst sehr bald, und die Häufchen erscheinen dem blossen Auge dann weiss, sie bleiben aber lange noch erkenntlich. An überwinterten *Ledum*-Blättern, die ich im März erhielt, fand ich Haufen von Sporen, deren Inhalt unter dem Mikroskop noch blass orangeroth erschien, sie waren aber nicht keimfähig.

An diesen überwinterten Blättern fand ich in verfärbten Stellen der Blätter ein sehr stark entwickeltes, offenbar lebensfähiges, lebhaft orangefarbenes Mycel von der geschilderten Beschaffenheit, und es erschien mir daher wahrscheinlich, dass der Pilz in seinem Mycel überwinterte und sich im Frühjahre daraus weiter entwickeln würde.

Dies traf auch zu. Vom Ende April ab erhoben sich auf der Unterseite überwinterter Blätter, entsprechend den verfärbten Stellen und den in ihnen wuchernden Mycelien, sobald die Blätter auf eine feuchte Unterlage gebracht wurden, flache, braune Schwielen. Sie verstärkten sich und bildeten zuletzt glänzend braunrothe oder blutrothe Polster, etwa $\frac{1}{2}$ Mm. breit, die anfangs vereinzelt, später

zu grösseren Flecken zusammengestellt waren, und so zuweilen fast die Hälfte der Blattunterseite einnahmen.

Das Mycel, welches unter diesen Flecken in der Blattsubstanz wucherte und sich besonders in den Lufthöhlen reich verzweigte, war dem, von welchem sich die Uredo-Häufchen bildeten, ganz gleich, unter der Oberhaut verwebte es sich hier ebenfalls zu einem dichten orangerothen Lager von 12 bis 13 Mik. Dicke. Von diesem erhoben sich zu einem dichten Polster verbunden, senkrecht stehende Schläuche von 70 bis 90 Mik. Länge 13 bis 15 Mik. Breite, von denen jeder durch Querwände in 5 bis 6 Fächer getheilt war, so dass jedes einzelne Fach 15 bis 22 Mik. lang war. Die Membran war farblos glatt, der Inhalt bestand aus stark lichtbrechendem orangerothem Oel. Diese Lager stellen Teleutosporen dar, sie erhoben die Epidermis, blieben aber zunächst noch von ihr bedeckt.

Wurden Blätter mit solchen Teleutosporen auf Wasser gelegt, die Unterseite nach oben gerichtet, so war nach 24 Stunden die Epidermis über den Pusteln gerissen, und diese hatten sich mit einem chromgelben Pulver bedeckt; die Teleutosporen waren gekeimt und hatten Sporidien gebildet.

Der Vorgang dabei ist folgender. Das Oel in dem Inhalt der Fächer vertheilt sich gleichmässig, und dieser bildet ein hellrothes, schaumiges Plasma. Die Fächer der Schläuche keimen einzeln und nach einander, zuerst das oberste Fach, wenn dieses entleert ist das tiefere und so fort. Jedes Fach treibt einen Keimschlauch an der Seite, dicht unter der Spitze resp. der Scheidewand. Dieser wird etwa 50 bis 60 Mik. lang, 6 bis 7 Mik. breit, steigt grade nach oben und ist an der Spitze abgerundet, das orangerothe Plasma wandert ganz in ihn ein, wenn dies erfolgt ist, grenzt es sich nach unten durch eine Scheidewand ab, und theilt sich dann durch Querwände meist in 4 Segmente. An den Scheidewänden bilden sich meist Einschnürungen. Aus jedem Segmente treibt ein pfriemlicher Ast aus, an dessen Spitze sich eine eiförmige 11 Mik. lange, 7 Mik. breite Sporidie bildet, die meist sofort mit einem 3 Mik. breiten Keimschlauch auskeimt.

Zuweilen fand ich zwischen den Sporidien und Keimschläuchen grosse elliptische Zellen, 30 Mik. lang, 22 Mik. breit, mit glatter Membran und orangerothem Inhalt, die mit einem 6 Mik. dicken Keimschlauche keimten, sie schienen aus dem vollen Inhalt eines Sporenfaches hervorzugehen.

Nach 48 Stunden waren bei der gewöhnlichen Tagestemperatur

Anfang Juni alle Sporenfächer einer Pustel ausgekeimt, die entleerten Sporen erschienen nun ganz farblos, die einzelnen Schläuche waren etwas auseinander gedrängt, und an der Seite, wo die Keimschläuche ausgetrieben, gewissermassen sägeförmig.

Die Teleutosporenpusteln bewahren eine gewisse Zeit lang ihre Keimungsfähigkeit. Sie keimten immer noch sehr gut aus, wenn sie auch vier Wochen nach dem Einsammeln trocken aufbewahrt worden waren. Wie lange darüber hinaus sie etwa die Keimfähigkeit bewahren mögen, war ich verhindert festzustellen.

Bei dem Wachsthum im Freien werden die Pusteln in der ersten Periode der Frühjahrsregen schnell auskeimen und bald verschwinden. Es scheint, dass sich nur eine Generation von Teleutosporen auf den überwinternden Blättern bildet, an den später entwickelten Blättern habe ich immer nur die Uredo-Häufchen gefunden.

Bei einer Sendung von *Ledum*-Blättern, die ich Anfang Juni erhielt, fanden sich Teleutosporen und Uredo-Lager auf denselben Blättern ziemlich reichlich vermengt. Es möchte daraus für wahrscheinlich erscheinen, dass die Sporidien der Teleutosporen direct wieder in die *Ledum*-Blätter einkeimten und Uredo-Bildung hervorrufen. Ob und wie die Sporidienkeimschläuche eindringen, wäre noch zu prüfen. — Es ist vorläufig noch nicht als unmöglich zu bezeichnen, dass der Vegetationskreis des Pilzes mit der Ausbildung von Uredo- und Teleutosporen-Bildung noch nicht abgeschlossen sein dürfte. Es ist immerhin noch sehr wohl möglich, dass eine Aecidium-Bildung (mit Spermogonien) auf einer anderen Pflanzenart vegetirend, in den Entwickelungs-Kreis dieses Pilzes gehört[1]).

Die Kenntniss der Teleutosporen des Pilzes ermöglicht jetzt jedenfalls seine systematische Bestimmung. In allen Hauptsachen stimmen jene mit den Teleutosporen-Lagern der bekannten *Coleosporium*-Arten überein.

Es ist jetzt auch leicht zu erkennen, dass auch die Uredo-Sporen durch ihre kettenförmige Anordnung, die dichten körnchenartigen Auflagerungen auf die farblose Membran und den orangerothen Inhalt ganz denen der *Coleosporium*-Arten gleichen. Es ist daher angezeigt, den Pilz als *Coleosporium Ledi* (Alb. et Schw.) zu bezeichnen.

---

[1]) Nach den Beobachtungen von Wolff über Entwicklung von *Coleosporium Senecionis* wäre es nicht unwahrscheinlich, dass eines der auf Coniferen vorkommenden Aecidien in den Entwicklungskreis von *Uredo Ledi* gehörte, z. B. *Aecidium abietinum* Alb. et Schw., welches diese Autoren auch bei Niesky gefunden haben.

In die Gattung *Coleosporium* gehören wahrscheinlich noch mehrere andere rothsporige Uredo-Formen, deren Teleutosporen bis jetzt noch nicht bekannt sind. Bonorden hat *Uredo Agrimoniae* DC., Fuckel[1]) später *Uredo Symphyti* DC. zu dieser Gattung gerechnet, bei diesen beiden Pilzen finde ich aber grade die Wahrscheinlichkeit, dass sie hierher gehören, sehr gering. Dagegen erscheint es mir kaum zweifelhaft, dass *Uredo Rhododendri* Bonjean[2]) hierher zu rechnen ist.

Fuckel hat diese Uredo-Form zu einer *Puccinia* gezogen, die er auf *Rhododendron ferrugineum* gefunden hatte[3]), Voss[4]) hält die Zusammengehörigkeit nicht für wahrscheinlich und glaubt, dass der Uredo ein Melampsora folgen dürfte. Mir ist auch dies nicht wahrscheinlich, denn die Uredo-Sporen der bisher bekannten Melampsora-Arten haben ein mit spitzen, getrennt stehenden Stacheln besetztes Epispor, werden einzeln von ihren Sterigmen abgestossen, und sind von Paraphysen begleitet oder in ein deutlich differenzirtes Pseudoperidium eingeschlossen. Bei *U. Rhododendri* werden die Sporen kettenförmig abgeschnürt, ihre Structur ist ganz gleich der von *Uredo Ledi* und anderen *Coleosporium-Uredines.* Zuweilen brechen auch hier die Uredo-Rasen aus der Rinde junger Zweige reihenweise oder spaltförmig hervor, wie ich an Exemplaren sehen konnte, die Professor Kny im August 1876 im Ober-Engadin gesammelt hatte; grade hier zeigte sich auch die kettenförmige Abschnürung der Sporen sehr deutlich. Junge Räschen des Pilzes, die ich durch freundliche Vermittlung im Juni dieses Jahres aus Berchtesgaden erhielt, zeigten dasselbe säulenartige Ansehen wie *U. Ledi.* Die Grössenverhältnisse der Sporen sind auch bei beiden Pilzen ganz dieselben. Bei der nahen Verwandtschaft der Nährpflanzen wäre es gar nicht unmöglich, dass beide Uredo-Formen zu derselben Species gehörten, die dann den älteren Namen *C. Ledi* (Alb. et Schw.) tragen müsste.

In ihrem biologischem Verhalten weichen die Teleutosporen von *C. Ledi* etwas von denen der anderen *Coleosporium*-Arten ab, indem sie nicht, wie bei diesen, während der ganzen Sommervegetation

---

[1]) L. Fuckel, Symbolae mycologicae. Wiesbaden 1869, S. 43.

[2]) M. De Candolle, Flore française. T. V. ou VI. vol. Paris 1815, S. 86, No. 625e.

[3]) A. a. O. S. 51.

[4]) W. Voss, Zur Pilzflora Wiens. Verhandl. d. k. k. zool. bot. Gesellsch. in Wien 1877. S. 77.

gleichzeitig mit den Uredo-Sporen ausgebildet werden und keimfähig sind, sondern nur einmal aus einem überwinterten Mycel nach einer Winterruhe. Sie gleichen darin den meisten *Melampsora*-Arten und noch vollständiger den Sporen von *Chrysomyxa Abietis* (Wallr.).

Diese Gattung zeigt überhaupt die grösste Aehnlichkeit mit *Coleosporium,* und wollte man den Gattungsbegriff so weit fassen wie bei *Puccinia,* so müssten beide zusammengezogen werden, denn *Chrysomyxa* verhält sich zu *Coleosporium* genau so wie *Leptopuccinia* zu *Hemipuccinia.*

Die jetzt bekannten Coleosporeen lassen sich nach diesen Betrachtungen in der folgenden Weise gruppiren:

Gruppe *Coleosporei.*

Teleutosporen zu einem festen flachen Lager verbunden. Einzelne Sporen durch Querwände in mehrere übereinanderstehende Fächer getheilt.

a. Auf der Nährpflanze, auf der sich die Teleutosporen entwickeln, werden nur diese, aus einem überwinternden Mycel gebildet, nie aber Uredo-Sporen . . . *Chrysomyxa* Ung.

b. Auf der Nährpflanze, auf welcher sich Teleutosporen entwickeln, werden auch Uredo-Sporen gebildet. — Diese werden kettenförmig abgeschnürt, besitzen ein farbloses Epispor mit körnchenförmigen, theilweise ablösbaren, stumpfen Auflagerungen und lebhaft orangerothem Inhalt . . . *Coleosporium* Léveillé.

† U. G. *Eucoleosporium.* Uredo- und Coleosporium-Lager gleichzeitig, den ganzen Sommer hindurch gebildet.

Arten: z. B. *C. Campanulae* (P.)
C. Sonchi (P.)
C. Pulsatillae (Steud.)

†† U. G. *Melampsoropsis.* Teleutosporen aus einem überwinternden Mycel (der Jahreszeit nach) vor den Uredo-Sporen gebildet, später nur Uredo-Sporen.
C. Ledi (Alb. et Schw.)
wahrschl. auch *C. Rhododendri* (Bonjean).

Rastatt, December 1877.

III.

Seit längerer Zeit bin ich damit beschäftigt, Material für eine Monographie der Uredineen zu sammeln. Eine systematische Zusammenstellung dieser Pilze würde ich für unvollständig halten, wenn bei ihr nicht auch diejenigen Merkmale benützt würden, welche die Entwicklungsgeschichte derselben bietet. Die Beobachtungen über die Entwicklung der einzelnen Arten, welche durch häufige Untersuchung lebender Formen und Culturen derselben unter genauerer Controle im Zimmer gewonnen werden, rechne ich daher mit zu den noth-

wendigen Vorarbeiten für eine solche Monographie. Ich habe auf den folgenden Blättern einen Theil der durch solche Beobachtungen gewonnenen Ergebnisse mit einigen daran sich anschliessenden Betrachtungen mitgetheilt, weil es mir nicht ganz unzweckmässig erschien, mich etwas weitläufiger auszusprechen, als es für eine knapp gefasste systematische Arbeit zuträglich sein möchte. Auch möchte ich hier einen anderen Standpunkt einnehmen. Die Untersuchung und Beobachtung vieler lebender Formen führt dazu, nicht allein ihre individuellen Merkmale, sondern auch ihre vielfachen Beziehungen zu anderen Formen kennen zu lernen und ihre mehr oder weniger ausgesprochene Verwandtschaft wahrzunehmen. Es drängten sich uns dabei oft Erscheinungen über die Entwicklung der einzelnen Formen auf, wie ich sie hier theilweise berührt habe. Andererseits finden wir oft einzelne Formen weit weniger scharf getrennt, als es für eine scharf scheidende Systematik wünschenswerth wäre, es würden, die Grenzlinien genauer festzustellen, noch eine ganze Reihe von Versuchen erwünscht sein. Auch solche Lücken in der Erkenntniss der Formen möchte ich nicht verschwiegen wissen.

Von diesem wechselnden Standpunkte aus habe ich hier eine Anzahl Formen und einzelne grössere Gruppen der Gattungen *Uromyces* und *Puccinia* in ihrer Entwickelungsgeschichte zusammengestellt.

1) Das grösste Hemmniss für die richtige Erkenntniss der Uredineen bietet die Schwierigkeit, für die heteröcischen Formen die zugehörigen Aecidien festzustellen und für die Aecidien, welche auf ihren Nährpflanzen keine anderweitigen Sporen bilden, die Pflanzen aufzufinden, auf denen sich ihre Sporen weiterentwickeln. Jeder, auch der am nächsten liegende Schluss nach der Analogie führt hier leicht zu Täuschungen, jede, auch noch so wahrscheinliche Vermuthung über die Zusammengehörigkeit einer heteröcischen Aecidien- und Teleutosporenform bedarf des Beweises durch die Cultur.

Anknüpfend an die früher mitgetheilte Erfahrung über die Entwicklung des *Uromyces Dactylidis* Otth., dessen Sporidien die Aecidien auf *Ranunculus bulbosus* L. und *R. repens* L. hervorrufen, vermuthete ich, dass sich die Aecidien dieses Rostpilzes auch auf anderen *Ranunculaceen,* wenigstens auf anderen *Ranunculus*-Arten entwickeln würden. Da ich mir überwintertes, leicht keimendes Sporenmaterial des *Uromyces* an meinem Wohnorte immer habe leicht verschaffen können, war es mir nicht schwer, diese Vermuthung für einige Fälle weiter zu prüfen. Ich brauche mich bei Beschreibung der Versuche nicht aufzuhalten, es genügt wohl, um den Grad ihrer

Beweiskraft festzustellen, zu erwähnen, dass die Nährpflanzen schon einen oder einige Monate vor ihrer Inficirung im Zimmer unter Glasglocke cultivirt wurden, dass die Inficirung auf der unter der Glocke isolirten Nährpflanze stattfand, dass in den Fällen mit positivem Erfolge die ersten Zeichen gelungener Infection, die an dem Ort der Ansteckung hervorbrechenden Spermogonien in einer bestimmten Zeit nach der Uebertragung, meist nach 10—12 Tagen, zu bemerken waren.

Ich erhielt nun ferner Aecidien durch Uebertragung der keimenden *Uromyces*-Sporen auf *Ranunculus acer* L. und *R. polyanthemos* L., dagegen blieb mir die Inficirung erfolglos auf *R. Flammula* L. und *R. auricomus* L. Der positive Erfolg der Inficirung von *R. polyanthemos* war für mich darum etwas interessanter, weil ich in der Umgegend von Rastatt bisher im Freien noch kein Aecidium auf dieser Nährpflanze gesehen habe, während es z. B. in Schlesien auf derselben nicht selten angetroffen wird. Dies liegt also wohl nur daran, dass diese Pflanze bei Rastatt nur an schattigen Waldstellen auftritt, und da, wo *Dactylis* mit seinem Parasiten nicht vorkommen, während ich in Schlesien die Pflanze mit dem Aecidium auf grasigen Dämmen gefunden hatte.

Die negativen Erfolge von Infectionsversuchen haben im Allgemeinen einen geringen Werth, sie scheinen mir hier etwas mehr Wichtigkeit zu besitzen, da zur gleichen Zeit und unter gleichen Umständen, wo die Inficirung von *R. auricomus* und *R. Flammula* erfolglos blieben, die von *R. bulbosus, repens, acer* und *polyanthemus* wiederholt mit Erfolg ausgeführt wurden, die zuerstgenannten *Ranunculus*-Arten scheinen mir also für die Entwickelung der Aecidien von *Uromyces Dactylides* ungeeignet zu sein.

Keine andere Pflanzenfamilie ist so reich an Aecidien, wie die der *Ranunculaceen*.

Zunächst sind sie auch auf anderen als den schon genannten *Ranunculus*-Arten nicht selten.

Auf *R. auricomus* kommt bekanntlich Aecidium sehr reichlich vor, ferner soviel mir bekannt auf *R. aconitifolius* L. (z. B. im mährischen Gesenke von v. Niessl gefunden), *R. pyrenaicus* (im Herb. der Univ. Strassburg von Bonjean am Mont Cenis), *R. platanifolius*? (S. Frankreich von Prost. im Herb. der Universität Strassburg), *R. lanuginosus* L. (z. B. in Schlesien bei Canth), *R. cassubicus* L. (bei Liegnitz in Schlesien von Gerhardt gefunden), *R. Lingua* L. (ebendaselbst), *R. Gouani* (nach DC. Fl. Fr. VI. S. 97).

Ausserdem an *Ficaria verna* Huds., *Caltha palustris* L., *Helleborus viridis* L. (im Jura von Morthier gefunden), *Isopyrum thalictroides* L. (z. B. in Schlesien bei Canth), *Aquilegia vulgaris* L. (durch Frankreich, Deutschland und im Norden bis nach Finnland und nach Osten bis östlich von Moskau verbreitet), *Aquil. nigricans* Lof. (bei Salzburg von Spitzel gesammelt), *Aquil. Sternbergii* (Krain von Voss gefunden), *Aconitum Napellus* L. (z. B. im Herb. der Univ. Strassburg aus dem Herb. Nees), *Aconitum septentrionale* (Norwegen), *Thalictrum minus* L. (in Deutschland um Regensburg und um Berlin, in Mähren: Niessl), *Th. flavum* (z. B. in Dänemark von Rostrup gefunden), *Th. angustifolium* (z. B. bei Breslau in Schlesien von Kirchner gefunden).

Alle diese Formen sind habituell und in ihren Einzelheiten von den Formen auf *R. bulbosus* c. c. nicht sicher zu unterscheiden, sie sind wohl auch als *Aec. Ranunculacearum* DC. zusammengefasst worden, die Formen auf *Thalictrum* als *Aec. Thalictri* Greville. Mehr abweichend sind die Formen auf *Clematis*-Arten (*Aec. Clematidis* DC.) und zwar auf *Cl. Vitalba* L. (von Süd-Deutschland durch Frankreich und Italien verbreitet), *Cl. recta* L., (Mähren: Niessl, Ungarn, Italien), *Cl. Viticella* L. *Cl. Flummula* (Süd-Frankreich: Prost, im Herb. d. Univ. Strassburg) und die auf *Actaea spicata* (*Aec. Actaeae* Opiz) von Süd-Europa bis Lapland verbreitet (Karsten).

Durch vereinzelt stehende Peridien sind unterschieden, erstlich die Form mit farblosen Sporen (*Aec. Anemones* Pultney) auf *Anemone nemorosa* L., und solche mit bräunlichen Sporen *Aec. punctatum* Pers., *Aec. quadrifidum* DC., (beide vielleicht nicht verschieden) auf *Anem. ranunculoides* L., *A. coronaria,* (Ital., Frank., England), und *Eranthis hyemalis* (bei Parma von Passerini gefunden).

Durch sehr verlängerte, flache Becher zeichnet sich eine Form aus, die auf *Aconitum Lycoctonum* (in den Bayrischen, Schweizer und Französischen Alpen) gefunden wird.

Auf den meisten der hier aufgezählten Nährpflanzen sind entweder gar keine Teleutosporen bekannt, oder der Zusammenhang der Aecidien mit den auf ihnen vorkommenden Teleutosporen ist ganz unbewiesen. Viele der erwähnten Formen sind in Europa sehr weit verbreitet, sie gehören daher auch wohl zu in ihrer Teleutosporenform weit verbreiteten Uredineen. Welche dies sind, darüber können nur eingehende Einzeluntersuchungen Gewissheit geben, das Verzeichniss, in dem ich nur die mir bekannten Europäischen Formen

zusammengestellt habe, mag daher zeigen, wie viel in dieser Richtung noch zu thun ist[1]).

Bekanntlich kommt auf *Ficaria verna* Huds. sehr häufig und

---

[1]) Um eine vollständigere Uebersicht der auf den europäischen *Ranunculaceen* vorkommenden Uredineen zu ermöglichen, führe ich hier die mir bekannten, auf Pflanzen dieser Familie vorkommenden Rostpilze auf, es sind dies:

1) *Uromyces Ficariae* (Schuhmacher).

2) *Ur. Aconiti* Fuckel Symb. myc. S. 61.

3) *Puccinia (Eupuccinia?) Calthaecola* Schröt. (*Calthae* Link?).

I. Aecidium = *Aec. Calthae* Greville Flor. Edinb. S. 446.?

II. Uredo = *Caeoma Calthae* Link. Spec. pl. II. S. 32.? — Sporen kuglig, elliptisch oder eiförmig 26—32 : 20—24 Mik., Membran hell kastanienbraun, stachlig, am Aequator meist mit 3, nach innen verdickten Keimstellen.

III. Teleutosporen = *Puccinia Calthae* Link. Spec. pl.?

Sporen elliptisch, in der Mitte merklich, um 2—4 Mik. zusammengeschnürt, meist 40—46 (einzeln bis 48) Mik. lang, 22—26 breit, an beiden Enden abgerundet, unten oft etwas verschmälert. Membran lebhaft kastanienbraun, glatt, am Scheitel mit geringer, oft flach schalenförmiger Verdickung, Stiel dünn, leicht ablöslich, etwa von gleicher Länge wie die Sporen.

Ich besitze die Form aus dem Schwarzwalde (hier an derselben Stelle mit *Aec. Calthae* vorkommend), Oesterreich (bei Krems: von Thümen), der Schweiz (bei Interlaaken, Ober-Engadin), Italien (z. B. ausgegeben in Erb. critt. Ital. II. No. 48).

4) *P. (Eup.) elongata* Schröt. in lit.

I. Aec. wie oben.

II. Uredo. Sporen kuglig oder elliptisch, 24—28 : 20—22 Mik. Membran hell kastanienbraun, kurzstachlig. Keimpunkte undeutlich, nach innen nicht verdickt.

III. Teleutosporen = *P. Calthae* Link. Spec. II. S. 79? u. d. Aut. z. Th.

Sporen spindelförmig, in der Mitte wenig oder gar nicht zusammengeschnürt, 33—40 (einzeln bis 44) : 13—17 (meist 15) Mik.; obere Zelle am Scheitel zugespitzt mit 5 Mik. dicker, oben hellerer, oft warzenförmiger Verdickung über der Keimzelle, untere Zelle keilförmig nach dem Stiele verschmälert, mit farbloser Verdickung über einer, dicht unter der Scheidewand gelegenen Keimstelle. Stiel dick, ziemlich fest anhaftend, so lang oder wenig länger als die Sporen.

Ich besitze diese Form aus Schlesien (bei Liegnitz von H. Gerhardt an derselben Stelle mit *Aecidium Calthae* gefunden), dem Böhmerwalde (Kirchner), aus Mähren (v. Niessl), aus Dänemark (von Rostrup gef.), Italien (Parma: Passerini).

Welche von diesen beiden Formen die ächte *P. Calthae* Link ist, kann wohl nur dann entschieden werden, wenn Originalexemplare von Link

durch ganz Europa verbreitet, ein Aecidium vor, welches dem auf *Ranunculus repens* u. s. w. ganz ähnlich sieht, und ist schon

---

untersucht werden können. Ebenso werden Culturen erst über das richtige Verhältniss des Aecidiums zu diesen *Puccinien* sicher entscheiden können.

5) *P. Trollii*, Karsten Enum. fung. Lapp. und Mycologia fennica IV. S. 40. — Auf *Trollius europaeus* L.

6) *P. Lycoctoni*, Fuckel Symbolae mycol. III. Nachtrag S. 11. — Auf *Aconitum Lycoctonum* L. Fuckel zieht zu dieser *Pucc.* das Aecidium auf *Aconitum Lycoctonum*.

7) *P. (Micropuccinia) gibberulosa* n. sp. Aecidium und Uredo unbekannt. — Pucciniasporen in dunkel kastanienbraunen 1—2 mm. breiten, flachen, staubigen und zusammenfliessenden Häufchen vorbrechend. Sporen auf kurzen, farblosen leicht ablöslichen Stielen, 35—45 Mik. lang, 19—22 breit, in der Mitte wenig eingeschnürt, am Scheitel abgerundet oder fast abgeflacht, selten mit schwachen bräunlichen Spitzchen über der Keimstelle. Membran gleichmässig hell kastanienbraun, durch sehr flache gleichfarbige Höcker (besonders in der oberen Zelle und am Scheitel deutlicher wahrnehmbar) wellig uneben.

Auf einem alpinen *Ranunculus* in den Pyrenaeen (Herb. der Universität Strassburg).

Die flachen Höcker der Sporen-Membran sind ähnlich wie die bei *P. Cicutae* Lasch und (nur schwächer) wie bei *P. Smyrnii* Corda.

8) *P. Castagnei* Schröt. = *P. Thalictri Castagne.* „Häufchen sehr klein, rundlich, unregelmässig, von Resten der Epidermis umgeben. Sporen elliptisch, stumpf mit einer Scheidewand in der Mitte, braun, gestielt. Auf *Thalistrum angustifolium*, beiderseits. Isles (S. Frankreich) Octbr." Castagne a. d. Etiq. im Herb. der Univ. Strassburg.

Sporen elliptisch oder eiförmig, in der Mitte wenig, oft gar nicht eingeschnürt, 28—35 : 18—22 Mik. Membran glatt, kastanienbraun. Stiel sehr kurz, farblos, leicht ablöslich.

9) *P. Thalictri* Chevallier auf *Thalictrum foetidum* L. (Exempl. aus Duby's Herbar. i. d. Herb. d. Univ. Strassburg gef. v. Prost 1819 zu Mende Süd-Frankreich).

Auf *Thalictrum minus* = *P. tuberculata* Körnicke in Fuckel Symb. myc. 3. Nachtr. S. 11. Die Sporen sind mit warzigen Erhabenheiten besetzt und gleichen ganz denen der *P. fusca*.

10) *P. fusca* (Sowerby) = *P. Anemones* Pers. Obs. myc. 2. S. 6.

Auf *Anemone nemorosa* L., *A. ranunculoides* L., *A. silvestris* L. (S. Italien: Bagnis.) *Pulsatilla vulgaris* Mill., *P. pratensis* (L.), *P. vernalis* (L.) (nach Fuckel Symb. myc. 3. Nacht. S. 11).

11) *P. De Baryana* Thüm. = *P. compacta* De Bary auf *Anemone silvestris* L. und *Atragene alpina* L. = *Pucc. Atragenes.* Fuckel Symb. myc. S. 49.

12) *P. (Micropucc.) Atragenes* Hausmann in Erb. Critt. Ital. No. 550 gef. bei Bozen 1860. = *P. Hausmanni* Niessl.

13) *Triphragmium Isopyri* Mougeot.

von Persoon (Obs. myc. 2. S. 23) als *Aecidium Ficariae* unterschieden worden. Auf derselben Nährpflanze findet sich ebenso häufig ein Uromyces, der fast ausschliesslich in der Teleutosporenform auftritt, sehr selten kann man unter den glatten dunkelbraunen Teleutosporen einige blässere, mit wässrigem Inhalt gefüllte und von einem stachligen Epispor umschlossene Sporen finden, die ich als abortive Uredo-Sporen ansehe. Das Aecidium und der Uromyces finden sich zuweilen auf derselben Nährpflanze, sehr viel häufiger aber treten sie gesondert von einander auf, so zwar, dass man oft in einer grossen Ausdehnung auf der *Ficaria* nur Aecidium, auf einer anderen Strecke nur Uromyces findet. Das Vorkommen der beiden Fruchtformen auf derselben Nährpflanze und selbst auf demselben Blatte kann nicht als Beweis angesehen werden, dass dieselben in den Entwicklungskreis derselben Species gehören, auch andere Nährpflanzen werden manchmal zu gleicher Zeit von zwei Uredineen bewohnt, z. B. kann man auf *Lolium perenne* und anderen Gräsern oft *Puccinia graminis* und *P. coronata* an derselben Pflanze finden. Gegen die Annahme einer Zusammengehörigkeit der beiden Formen kann man anführen, dass beide, wie erwähnt, überwiegend getrennt von einander auftreten, und dass die Aecidium-Form nicht vorangeht, sondern dass sich beide Formen in den ersten Frühlingstagen mit dem Erscheinen der Nährpflanze entwickeln.

Nur Versuche können diese Frage entscheiden. Ich habe Pflanzen mit *Aecidium Ficariae* behaftet im Zimmer cultivirt, es entwickelte sich bis zu ihrem Absterben kein Uromyces auf den Blättern, ebenso wenig konnte ich durch Aussaat der Aecidium-Sporen auf *Ficaria*-Blätter eine Uredineenfruchtform erzielen. Dies macht wenigstens vorläufig die Zusammengehörigkeit der beiden Fruchtformen unwahrscheinlich, es könnte immerhin möglich sein, dass sie zusammengehörten, wenn sich etwa die Uromycesform aus einem überwinternden, das Aecidium aber aus einem durch frisches Einkeimen der Sporidien erzeugten Mycel entwickelten.

---

14) *Cronartium flaccidum* (Albertini et Schweiniz Consp. fung. Niesk. 1805. S. 32 unter *Sphaeria.*) = *Cronart. Paeoniae Castagne.* (Auf *Paeonia officinalis* L., *P. tenuifolia* (z. B. Bot. Garten in Freiburg.), *P. sinensis.*)
Die Aecidien auf den verschiedenen *Ranunculaceen* sind im Text aufgeführt. Es empfiehlt sich wohl, dieselben vorläufig nicht mit Collectivnamen, sondern unter dem vollen Namen der Nährpflanzen, also z. B. *Aec. Ranunculi Linguae, Aec. Thalictri angustifolii, Aec. Aconiti Napelli* u. s. w. aufzuführen, den Begriff einer Species darf man mit einer solchen Formbezeichnung doch nicht verbinden.

Auf die Erscheinungen, welche durch ein perennirendes Mycel hervorgerufen werden können, muss ich bei einer anderen Gelegenheit später zurückkommen, ich kann hier nur darauf Bezug nehmen, dass die folgenden positiven Beobachtungen gegen den genetischen Zusammenhang von *Aecidium Ficariae* und *U. Fic.* sprechen.

Die Aehnlichkeit des Aecidium mit dem auf *Ran. bulbosus* und die der beiden Nährpflanzen untereinander, mussten mich darauf führen, *Uromyces Dactylidis* auf *Ficaria*-Blätter auszusäen. Mehrere daraufhin unternommenen Versuche hatten keinen Erfolg. Ich versuchte nun Gräser durch Aecidium-Sporen zu inficiren, setzte zu diesem Behufe junge Rasen von *Poa nemoralis* in Blumentöpfe, hielt sie einige Wochen unter Glasglocken im Zimmer, um mich zu überzeugen, dass sie von Hause aus nicht inficirt waren, und säete dann Sporen von *Aecidium Ficariae* auf sie aus. Nach etwa 8 Tagen brachen rothe Rosthäufchen aus der Oberseite der besäeten Grasblätter hervor. Der Versuch wurde mehrmals mit gleichem Erfolge wiederholt. Die Sporen waren elliptisch, kuglig oder eiförmig, 17—22 Mik. lang, 15—18 breit, ihre Membran farblos, kurzstachlig, der Inhalt orangefarben, sie wurden auf kurzen gleichmässig dicken Stielen abgeschnürt, niemals fand ich zwischen ihnen oder am Rande der Häufchen die an den Enden kopfförmig aufgetriebenen Paraphysen, welche für die Uredo-Form von *Uromyces Dactylidis* so charakteristisch sind. Die Uredo-Häufchen vermehrten sich, und Anfangs Mai schon traten in ihrer Umgebung die Teleutosporen auf in kleinen, anfangs rothbraunen später pechschwarzen, von der Oberhaut bedeckten Häufchen, die wenigstens anfangs in concentrischen Linien um Uredohäufchen gestellt waren. Die Sporen waren einzellig, elliptisch oder eiförmig, 19—25 Mik. lang, 13—16 breit, ihre Membran gleich dick, sehr hellbräunlich, glatt, ihr Stiel war kürzer oder eben so lang wie die Sporen.

Aus diesen Erfahrungen glaube ich schliessen zu müssen, dass *Aecidium Ficariae* Pers. die Aecidium-Frucht eines grasbewohnenden Uromyces ist. Der Pilz ist dem *U. Dactylidis* ähnlich, aber durch den Mangel der Paraphyseen bei der Uredo-Form unterschieden, was mir um so bemerkenswerther erschien, als *Urom. Dactylidis* mit der von Paraphysen begleiteten Uredoform ebenfalls auf *Poa nemoralis* vorkommt. — Ich glaube dass für diese zweite grasbewohnende Uromyces-Form passenderweise der Name *Urom. Poae* Rabenhorst (Marcucci. Un Itin. crypt. 1866) angenommen werden kann.

2) G. Winter hat durch seine im Sommer 1875 angestellten

Untersuchungen [1]) nachgewiesen, dass *Aecidium Rumicis* Schlecht. die Accidien-Fruchtform einer auf *Phragmites* lebenden Puccinia ist, die er als *P. arundinacea* Hedw. bezeichnet. Bekanntlich kommen auf dieser Pflanze zwei verschiedene Puccinien vor, die neuerdings von Fr. Körnicke [2]) sehr genau beleuchtet und auseinander gehalten worden sind. Winter selbst hat die beiden Puccinien nicht unterschieden und auch keine Beschreibung der bei seinen Untersuchungen verwendeten Teleutosporen gegeben. Da die Bezeichnung *P. arundinacea* Hedw. nicht unzweifelhaft die Species bestimmt, (wiewohl sie, wie ich glaube, für die *P. Phragmitis* (Schum.) Körn. passt, da die ersten Autoren Hedwig fil. und De Candolle ihr langgestielte Sporen zuschreiben), und weil beide Species oft gemeinschaftlich auf demselben Blatte vorkommen, schien eine Nachuntersuchung nöthig, um die Zweifel darüber, welcher der beiden Puccinien das *Aecidium Rumicis* zugehöre, zu heben.

Diese Winter'sche Untersuchung hat Dr. E. Stahl schon im Jahre 1876 nachgeprüft, er fand dabei dessen Ergebniss bestätigt, und zwar verwandte er, wie er mir brieflich mittheilt, zur Infection von *Rumex* diejenige Puccinia, welche in den Blättern die kurzen, breiten braunen Streifen bildet, nicht die, welche die schmalen, langen, schwarzen Linien verursacht. Ich kann aus dieser Beschreibung nicht sicher erkennen, auf welche der beiden Puccinien sie sich bezieht.

Im Januar 1876 schon hatte ich mir überwinterte Sporen von *Uromyces Rumicis* (Schumacher) auf *Rumex Hydrolapathum* eingesammelt. Im April keimten dieselben und bildeten Sporidien in der für die Uredineen regelmässigen Weise, durch Aussaat derselben auf *Rumex*-Blätter hatte ich keine Infection erzielt und mich dadurch überzeugt, dass das *Aecidium Rumicis* nicht durch diesen Uromyces hervorgerufen wird. Im März 1877 sammelte ich im Freien überwinterte Sporen von *Puccinia Phragmitis* (Schum.) (charakterisirt durch die breiten, oft sehr verlängerten dicken Häufchen, die langgestielten, am Grunde meist abgerundeten Sporen und den Mangel an Cystiden), und von *P. Magnusiana* Körn. (charakterisirt durch die kleinen und schmalen Häufchen, die keulenförmigen, kurzgestielten Sporen) ein. Beide Sporenarten trieben, auf feuchten Grund gelegt, bald Keimschläuche und bildeten Sporidien. Mit diesen wurden die Blätter

[1]) Georg Winter, Ueber das Aecidium von *Puccinia arundinacea* Hedw. Hedwigia 1875. S. 113.

[2]) Fr. Körnicke, Mykologische Beiträge. Hedwigia 1876. S. 178.

von gesondert unter Glasglocken gehaltenen Pflanzen von *Rumex Hydrolapathum*, die ich schon ein Jahr lang im Zimmer cultivirt hatte, besäet. Durch die Aussaat von *P. Phragmitis* wurde keine Infection erzielt, an den mit *P. Magnusiana* besäeten Pflanzen erschienen nach 10—12 Tagen Spermogonien, (die ersten am 2. April) etwa 14 Tage darauf Aecidien, die sich weiter verbreiteten und eine solche Ausbreitung erlangten, wie ich es bei freiwachsenden Pflanzen nie gefunden hatte. Die Aecidien zeigten alle Merkmale des *Aec. Rumicis*, d. h. besonders weissliche Sporen und eine Stromabildung, wie sie von Magnus[1]) beschrieben worden ist.

Das *Aecidium Rumicis* auf *Rumex Hydrolapathum* gehört also in den Entwicklungskreis von *Puccinia Magnusiana* Körn., nicht in den von *P. Phragmitis* (Schum.).

3) Fast Jedem, der sich in neuerer Zeit mit einer genaueren Untersuchung der Rostpilze beschäftigt, haben die auf den verschiedenen *Carex*-Arten vorkommenden Formen derselben Schwierigkeiten gemacht, die meist zu Aufstellung neuer Arten führten. Ich habe im Jahre 1869[2]) zwei Arten angenommen, deren Typus für mich einerseits die gewöhnlich auf *Carex riparia* vorkommende Form *(Pucc. Caricis)*, andererseits eine andere Form war, die ich auf *C. vulpina* gefunden hatte und die ich damals als *P. punctum* Link, später aber[3]), als ich mich überzeugte, dass Link unter diesem Namen nicht eine von *P. caricina* verschiedene Uredinee verstanden, und als ich diese Form besser kennen gelernt hatte, als *P. Vulpinae* bezeichnete. Letztere ist besonders charakterisirt durch kurz gestielte, oft einzellige blasse, am Scheitel wenig verdickte, am Grunde nicht keilförmige, sondern etwas bauchige Teleutosporen, die in kleinen, von der Oberhaut bedeckten, lange Reihen bildenden Häufchen stehen, sowie durch fast kugelige Uredosporen mit röthlichem Inhalt[4]). Dass aus *P. Caricis* auch noch andere Species auszuscheiden sein würden, schien mir immer wahrscheinlich, durch einseitige Untersuchung der Sporenformen glaubte ich aber nicht zu einer sicheren Umgrenzung der Arten kommen zu können, denn der Hauptunter-

---

[1]) P. Magnus, Mykologische Bemerkungen. Hedwigia 1873. S. 53.

[2]) Die Brand- und Rostpilze Schlesiens S. 18. 19.

[3]) Rabenhorst fung. europ. 1868.

[4]) Andere durch morphologische Merkmale unterschiedene Formen sind bis jetzt von Fuckel (Symb. myc. II. Nachtr. S. 16) als *P. caricicola*, von Körnicke (das. III. Nachtr. S. 14) als *P. microsora*, und von Magnus (Sitzungsberichte der Naturforscher-Versammlung, München 1877) als *P. dioicae*, und (auch durch biol. Verhalten verschieden) *P. limosae*, aufgestellt worden.

schied derselben besteht in den Grössenverhältnissen und in der Formation ihrer Scheitelzelle, inwieweit aber diese Merkmale in dem Rahmen einer Species, namentlich einer Gras- oder Rietgräser bewohnenden Uredineen-Species schwanken können, schien mir nicht von vornherein festzustehen.

Ich ging von der Voraussetzung aus, dass heteröcische Uredineen durch ihren Parasitismus auf zwei verschiedenen Nährpflanzen ein gutes biologisches Merkmal besitzen, um die zu derselben Species gehörigen Formen von anderen, die mit ihnen ähnlich sind, zu unterscheiden, und prüfte daher einige Formen der Puccinien auf *Carex*-Arten, die ich häufiger vorfand, darauf, ob sie durch Aussaat auf *Urtica dioica* ein Aecidium entwickelten. Ich habe dabei bis jetzt gefunden, dass dies sehr regelmässig erfolgte, abgesehen von der Form auf *C. hirta*, durch *P. Caricis* [1]), die auf *C. riparia* Cart., *C. paludosa* Good., und auf *C. pendula* Huds. in der Gegend von Rastatt sehr häufig vorkamen. Durch die Aussaat von überwinterten keimenden Sporen dieser Formen auf *Urtica dioica* im April oder Anfang Mai wurde immer das Aecidium erzogen. Diese Formen haben auch unter einander und mit der auf *C. hirta* die grösste morphologische Aehnlichkeit, sie sind sämmtlich habituell fast gleich, bilden schwarze, offene Häufchen, die oft (bei der auf *C. hirta* seltener) zu kürzeren oder längeren Linien zusammenfliessen, die Sporen selbst sind in der Mehrzahl keulenförmig, 45 meist aber darüber bis 60 Mik. lang, ihr unteres Fach meist länger als das obere, nach unten keilförmig verschmälert. Diese Formen wird man daher zu derselben Species rechnen müssen.

In den Wäldern um Rastatt, ebenso in der Umgegend von Freiburg in Baden, kommt ausserordentlich häufig eine Puccinia auf *Carex brizoides* L. vor. Mit derselben habe ich in mehreren Jahren hintereinander Infectionsversuche auf *Urtica dioica* gemacht, sie blieben immer erfolglos. Diese Puccinia-Form unterscheidet sich auch merklich von der auf den besprochenen *Carex*-Arten, die Häufchen sind polsterförmig, bis etwa 1 Mm. breit, schwarz, die Sporen sind in der Mehrzahl 35 bis 44 Mik. lang, am Scheitel meist abgerundet, mit 6—8 Mik. dicker, dunkel kastanienbrauner Verdickung. Sie kommt in der Sporenform ganz überein mit

[1]) *Puccinia Caricis* ist von Rebentisch (wie ich z. B. bei Wallroth Fl. crypt. Germ. S. 223 citirt finde), Flora neomarchica S. 356, also i. J. 1804 aufgestellt worden, *P. caricinia* De Candolle erst 1815, Fl. franç., V. S. 60.

P. limosae Magn., wie ich durch Vergleich von Originalexemplaren fand, die mir Dr. Magnus freundlichst mitgetheilt hatte. An den Stellen, wo ich diese Puccinia am häufigsten auftreten sah, wuchs sie in Gesellschaft von *Taraxacum officinale* Wigg., und auf dessen Blättern fand ich schon seit mehreren Jahren an den betreffenden Waldstellen ausserordentlich reiche Aecidienbildung. Ich habe lange Zeit auf das gesellige Vorkommen beider Uredineen, welches ja natürlich ein ganz zufälliges sein konnte, kein Gewicht gelegt, entschloss mich aber in diesem Frühjahr die Sache doch einmal zu prüfen. Ich holte schon im Februar *Taraxacum*-Pflanzen, reinigte sie, setzte sie in Töpfe und liess sie bis zur Entfaltung neuer Blätter wachsen. Eine Uredineenform entwickelte sich dabei auf ihnen nicht. Anfang März stellte ich die ersten Infectionsversuche der Pflanze mit im Freien überwinterten Sporen der Pucc. auf *C. brizoides* an. Es entwickelten sich nach 10—12 Tagen an den inficirten Stellen Spermogonien. Der Versuch wurde mehrmals mit gleichem Erfolge wiederholt. Die ersten inficirten Pflanzen gingen nach einiger Zeit zu Grunde ehe sich Aecidien ausgebildet hatten, gegen die Mitte des Aprils erhielt ich aber an Pflanzen, die ich von einer Waldstelle geholt hatte, wo *Carex brizoides* nicht vorkommt (und wo ich bei späterem Nachsehen auch keine Puccinia auf *Taraxacum* fand) durch Inficirung mit der Puccinia sehr reichliche Aecidien, die sich nicht nur auf einem grossen Theil der Blattflächen, sondern auch an den inzwischen vorspriessenden Blüthenschaften und den Blättchen des Hüllkelches entwickelten. Auf nicht inficirten Pflanzen, die unter denselben Bedingungen gehalten wurden, trat keine Aecidiumbildung ein.

Durch Infection der Blätter von *Carex brizoides* mit Sporen von *Aecidium Taraxaci* erhielt ich, zuerst Anfang Mai, Häufchen von Uredo-Sporen. Sie traten auf gelblich verfärbten Flecken auf, waren schwarzbraun, die einzelnen Sporen kuglig, elliptisch oder eiförmig, 22—26 Mik. lang, 15—17 breit, mit stachliger Membran und farblosem Inhalt. An den unter Glasglocke gehaltenen Pflanzen vermehrten sich im Laufe des Mai die Uredo-Häufchen sehr stark, und Anfang Juni, zu einer Zeit, wo im Freien erst die Uredo sich auszubreiten begann, traten an ihnen Häufchen der oben charakterisirten Puccinia auf. Ich konnte demnach wohl nicht zweifeln, dass diese Puccinia, die ich weiterhin als *P. silvatica* bezeichnen will, ihr Aecidium auf *Taraxacum* entwickelt. — Das Aecidium glich ganz dem, welches überall häufig auf *Taraxacum* gefunden wird, ich hatte dies immer, allerdings bisher ohne experimentelle Prüfung,

in den Formenkreis einer auf jener Pflanze häufig vorkommenden Puccinia gezogen. In den Fällen, die ich dieses Frühjahr unter Cultur hielt, sah ich auf den mit Aecidium besetzten *Taraxacum*-Blättern bis zu ihrem Welken und Absterben keine andere Uredineen-Form auftreten.

Ob das *Aecidium Taraxaci* in allen Fällen durch *P. silvatica* veranlasst wird, lässt sich natürlich nicht ohne Weiteres entscheiden. Um dem Zweifel zu begegnen, dass ein so häufiges Aecidium nicht durch eine, in einer bestimmten Localität und auf einer immerhin nicht allverbreiteten Nährpflanze vorkommende Puccinia gebildet sein könnte, will ich erwähnen, dass ich in meiner Sammlung, in der ich mir nur eine kleinere Zahl von Exemplaren für Untersuchungszwecke aufbewahrt habe, ganz die gleiche P. Form auf *C. brizoides* von Striegau in Schlesien, und auf *C. divulsa* Good. von Liebau in Schlesien, mindestens sehr ähnliche Formen auch auf anderen waldbewohnenden *Carex*-Arten besitze, es ist demnach wohl möglich, dass die Puccina ganz allgemein auf verschiedenen, besonders waldbewohnenden *Carex*-Arten verbreitet ist.

Wahrscheinlich ist *P. silvatica* nicht die einzige Form der *Carex*-Puccinien, welche ihre Aecidien auf Compositen ausbildet, ich habe Grund zu der Vermuthung, dass dies auch bei *P. Vulpinae* der Fall ist. Nach Aussaaten ihrer Sporidien auf junge Pflänzchen von *Achillea Ptarmica* L. brachen an Stengeln und Blättern derselben reichliche Spermogonien vor. Die Pflanzen gingen leider zu Grunde ehe sie sich weiter entwickelt hatten.

Die Form, welche Magnus als *P. dioicae* bezeichnet, kommt mit den Merkmalen, wie sie ihr Autor angiebt, auf feuchten Wiesen in der Nähe von Rastatt in Baden in grosser Menge auf *Carex Davalliana* Sm. vor. Auch auf dieser Art von Nährpflanzen sah ich von Mitte Mai an die Uredo-Sporen reichlich auftreten, an Stellen, die auf weithin das Vorkommen von *Aecidium Urticae* ausschlossen. Die Uredo-Sporen sind denen der *P. Caricis* auf *Carex hirta,* und der *P. silvatica* gleich gebildet. Die Entwickelungsgeschichte dieser Form muss noch festgestellt werden.

Die Zerspaltung der alten *P. Caricis* in eine sehr grosse Menge von Formen, deren Zahl sich jetzt schon auf 7 beläuft, deren Vermehrung aber noch sicher zu erwarten ist, und die sich unter einander nur durch geringe morphologische Merkmale unterscheiden, ist ganz dazu angethan, die strengen Ansichten über Speciesbegriff, welche bei vielen Mykologen noch herrschend sind, zu erschüttern. Handelte es sich nur um morphologische Differenzen, so würde man

sich mit der Annahme helfen können, dass die aufgeführten Formen sämmtlich nur Varietäten einer Species sind, nimmt man aber auf die ganze Lebensweise Rücksicht, so müsste man Varietäten annehmen, die ausser den morphologischen Verschiedenheiten ganz verschiedene biologische Eigenschaften besitzen. Solche Formen getrennt zu halten ist gewiss für die Kenntniss von der Entwicklung der Pflanzenarten von Interesse und es kann als gleichgültig erscheinen, ob man sie als Species oder als Abänderungen mit constanten Merkmalen bezeichnet.

Eine ähnliche Zersplitterung erfahren in neuerer Zeit die grasbewohnenden Puccinien. Es sind, soweit mir bekannt, bis jetzt allein auf europäischen Grasarten 18 Puccinia-Formen unterschieden [1]).

Man wird kaum irren, wenn man annimmt, dass alle diese Formen, wie ja schon für viele von ihnen bewiesen ist, heteröcische Arten sind. Ich will hier auf die morphologischen und biologischen Unterschiede der einzelnen Gras-Puccinien nicht weiter eingehen, es ist auch bei ihnen ersichtlich, dass es Formen sind, die durch geringe aber constante Differenzen um wenige allgemeinere Typen schwanken.

---

[1]) Es sind dies:

I. 1. *P. graminis* Pers. 2. *P. Cynodontis* Desm. 3. *P. Anthoxanthi* Fuck. 4. *P. Sesleriae* Reichardt. 5. *P. serotina* Körn.

II. 6. *P. Phragmitis* (Schum.). 7. *P. Sorghi* Schweiz. 8. *P. Moliniae* Tul.

III. 9. *P. Cesatii* (= *P. Andropogonis* Fuckel. Der Name muss umgeändert werden, weil v. Schweiniz früher schon eine von der Fuckel'schen verschiedene *P. Andropogi* aufgestellt hat. Als Uredo-Frucht gehört hierher die charakteristische *Podocystis Andropogonis Cesatii.*)

IV. 10. *P. striaeformis* Westd. (*P. straminis* Fuckel). 11. *P. Poarum* Nielsen. 12. *P. anomala* Rostrup. 13. *P. Magnusiana* Körn. 14. *P. Brachypodii* Fuckel. 15. *P. sessilis* Schneider. 16. *P. Hordei* Fuckel.

V. 17. *P. coronata* Corda. 18. *P. sertata* Preuss.

P. paliformis Fuckel scheint mir wenigstens nach einem von Dr. Morthier erhaltenen Exemplar zu schliessen, nicht auf *Koeleria cristata,* vielleicht gar nicht auf einem Grase zu wachsen. Auf dieser Pflanze kommt eine andere *Puccinia,* welche ich kürzlich durch H. Gerhardt in Liegnitz erhielt und die ich hier als *P. longissima* beschreiben will vor. Sie ist mir nur in der Teleutosporenform bekannt. Sie bildet schwarzbraune breite und dicke Polster, die nicht von der Oberhaut bedeckt sind. Die Sporen sind kurzgestielt (Stiel kaum 10—12 Mik. lang), 60 bis 110 Mik. lang, 13 bis 20 Mik. breit, Sporen von 90—110 Mik. Länge sind sehr häufig, solche unter 70 selten. Das untere Glied ist lineal und besonders lang (bis 70 Mik.), an der Scheidewand findet manchmal keine, manchmal eine beträchtliche Einschnürung statt. Die obere Zelle ist an der Spitze abgerundet, oft etwas zugespitzt, ihre Membran glatt, am Scheitel dunkler und auf 5—10 Mik. verdickt. Paraphysen sind nicht vorhanden.

Wir können uns denken, dass wir uns hier einer weit fortgeschrittenen Formdifferenzirung gegenüber befinden, deren Entstehung gewiss durch die heteröcische Lebensweise dieser parasitischen Pilze sehr begünstigt worden ist. Schon die Entstehung der Heteröcie können wir uns kaum anders vorstellen als durch Accommodation einer autöcischen Puccinie für besondere Lebensbedingungen. In der That muss in einer solchen Theilung der Fruchtformen auf verschiedene Nährpflanzen, wenn sie sich zufällig einmal hat vollziehen können, eine grosse Sicherung des Fortbestandes liegen, so z. B. besonders für die grasbewohnenden Uredineen, denn während aus uns vorläufig noch unbekannten Gründen die Bildung der Accidium-Früchte auf Gräsern nicht zu Stande zu kommen scheint, bilden diese Pflanzen durch ihr geselliges Wachsthum für die einkeimenden Aecidium- und Uredo-Sporen die Möglichkeit einer weiten Ausbreitung, für die Teleutosporen durch die dauerhafte Beschaffenheit ihrer Blätter und Halme die Sicherung ihrer Erhaltung bis zur Reife im nächsten Frühjahre.

Die Beziehungen der verschiedenen Nährpflanzen der Aecidien einer heteröcischen Uredinee sind, soweit die Beobachtung gelehrt hat, nicht durch natürliche Verwandtschaft, sondern nur durch geselliges Vorkommen mit den Nährpflanzen der Teleutosporen bedingt. Hierin liegt schon ein Hinweis darauf, dass die Heteröcie zufällig oder wenn man es so bezeichnen will, durch Accommodation entstanden ist. Man muss demnach aber auch zugeben, dass dieselbe Uredinee auf verschiedene Nährpflanzen überwandern konnte, die in ihrer Nachbarschaft vorkamen. Nimmt man an, wie es aus den bisher bekannten Thatsachen hervorzugehen scheint, dass sich die heteröcischen Formen in ihren Wechselbeziehungen zu bestimmten Nährpflanzen fixiren, so wird man darin auch ein Moment für die Bildung constanter Arten oder Abarten sehen.

Vom biologischen Standpunkte aus können wir uns einen Formenkreis construiren, der von einer supponirten autöcischen Uredinee ausgehend, von den jetzt lebenden Arten unter sich ähnliche autöcische und heteröcische Arten vereinigt. In einen so aufgebauten Formenkreis, in welchen die *Carex*-Puccinien gehören, würde man vielleicht rechnen können:

Autöcische Form .... *P. Galiorum* Link.
Formen bei denen nur Uredo- und Teleutosporen bekannt sind .... *P. Polygonii amphibii* Pers.
Heteröcische Form.......................... *P. Caricis* (Reb.) und andere *Carex-Puccinien*.
Wahrscheinlich auch .... *P. Scirpi* DC.

4) Ich habe es noch für zweifelhaft erklären müssen, ob das *Aecidium Taraxaci* in allen Fällen durch *P. silvatica* veranlasst wird. Es wäre nicht unmöglich, dass zu der auf *Taraxacum* so häufig vorkommenden Puccinia ein autöcisches Aecidium gehört, dieser Annahme fehlt aber jede Stütze durch einen Versuch. Jedenfalls wäre es wünschenswerth festzustellen, ob und wie sich die Teleutosporen dieser Puccinia auf *Taraxacum* weiter entwickeln, und das Gleiche wäre für die meisten der auf Compositen lebenden, von Uredo begleiteten Puccinien nöthig.

Eine in ihrer Entwicklung ziemlich vollständig beobachtete Form ist die, welche auf *Cirsium arvense* (L.) so häufig vorkommt, und die in ganz gleicher Entwickelung von mir selbst und von Magnus auch auf *Centaurea Cyanus* L. gefunden worden ist. Die Form ist schon von Persoon [1]) erwähnt worden und kann als *Puccinia suaveolens* (Pers.) bezeichnet werden. Rostrup und Magnus haben die Entwicklung dieser Puccinia auf ihren beiden Nährpflanzen mitgetheilt [2]). Sie zeichnet sich unter anderem dadurch aus, dass auf die Spermogonien kein Aecidium sondern direct Uredo-Sporen folgen. In diesem Entwicklungsgange sehe ich den Typus einer Gruppe, die ich als *Brachypuccinia* bezeichnen will. Sehr ähnlich der *P. suav.* ist besonders auch in ihrer Entwicklung die Puccinia, die so häufig auf *Hieracium*-Arten und verwandten Pflanzen aus der Familie der Compositen, besonders der Abtheilung der *Cichoraceen*, auch wohl in der der *Cynareen* vorkommt. Auf Corymbifloren habe ich sie bisher noch nicht gefunden. Sie ist von Martius [3]) als *Puccinia Hieracii*, aber schon früher von Schumacher [4]) als *Uredo Hieracii* unterschieden worden, ist also als *P. Hieracii* (Schumacher) zu bezeichnen. Ich habe ihren Entwicklungsgang auf mehreren *Hieracium*-Arten (*H. Pilosella* L., *H. vulgatum* Fr.), *Picris Hieracioides* L., und *Hypochoeris radicata* L. von dem ersten Auftreten im Frühling an öfter

---

[1]) *Uredo suaveolens* Persoon. Observ. mycol. 2. p. 24 (1796). — Synops. meth. fung. S. 221 sagt Pers. von dieser Uredo: Pulvis ab initio puncta nigra sistit, dies trifft für die mit Teleutosporen untermischten Uredo-Häufchen zu.

[2]) Rostrup in Forhandlingerne ved de skandinaviske Naturforsekeres. Kjöbenhavn 1873.

P. Magnus, Epidemisches Auftreten einer Puccinia auf *Centaurea Cyanus*. Verhdl. des Bot. Vereins der Prov. Brandenburg 1875.

M. bemerkt hier, dass er durch Aussaat der Sporen von *Aecidium Taraxaci* auf *Hieracium* Uredo-Sporen erzogen hat.

[3]) Martius, Flor. mosq. S. 226.

[4]) A. a. O. S. 232. *Uredo Hieracii* (auf *Hier. silvaticum*) auch *U. Hyoseridis* (auf *Hypochoeris radicata*) das. S. 233.

controlirt. Ihre ersten Anfänge erschienen an den überwinterten Blattrosetten dieser Pflanzen schon sehr früh im Jahre, im März oder Anfang April, in Form von gelbrothen schwieligen Erhabenheiten auf der Unterseite der Blätter besonders im Verlauf der Haupt-Rippe. In diesen Flecken, die von einem reichlich wuchernden Mycel durchsetzt sind, erscheinen bald die Spermogonien zu 3 bis 10 in kleinen, kreisförmigen oder elliptischen Gruppen zusammenstehend. Sie sind kuglig, 90—100 Mik. im Durchmesser, eingesenkt, rothgelb, am Scheitel mit wenig vorragenden pfriemlichen Borsten besetzt, die Spermatien sind elliptisch 3 bis 5 zu 2 bis 2,5 Mik. Die Uredo-Sporen brechen bald nach dem Erscheinen der Spermogonien aus denselben Mycel-Lagern hervor und verdrängen diese sehr bald, so dass sie schnell verschwinden. Bei *Picris* habe ich indess auch später noch kleine, aus Spermogonien bestehende Flecke an den Stengelblättern gefunden. Die ersten Uredosporen sind kurz-elliptisch oder fast kuglig 24 bis 28 zu 21 bis 24 Mik., ihre Membran ist dunkel kastanienbraun (der der Teleutosporen gleichfarbig), überall mit gleichfarbigen Stacheln besetzt, an den Seiten mit 2 bis 3 kreisförmigen, bei Wasserzusatz nicht aufquellenden Keimpunkten versehen, ihr Inhalt ist farblos. Teleutosporen bilden sich in den ersten Uredo-Häufchen meist sehr bald aus, sie sind elliptisch oder eiförmig, am Scheitel, meist auch am Grunde halbkuglig abgerundet, in der Mitte nicht eingeschnürt, am Grunde öfter etwas verschmälert meist 26 bis 33 Mik. lang, 20 bis 22 breit, die Membran ist dunkel kastanienbraun, mit wenig erhabenen und bei Wasserzusatz verschwindenden Punkten besetzt, am Scheitel oder etwas unterhalb desselben, an der unteren Zelle meist in der Mitte der Seitenwand, mit einem kreisförmigen Keimflecke versehen. Die Stiele sind von verschiedener Länge, bald so lang oder kürzer als die Sporen, bald mehrmals länger, immer aber farblos, zart, leicht abreissend. — In der nächsten Zeit verbreitet sich der Pilz durch Uredosporen, die meist nur auf der Oberseite der Blätter zerstreut auftreten und von einem weisslich verfärbten Flecke umgeben werden. Erst später, gewöhnlich von August an, treten zwischen den Uredosporen wieder Teleutosporen auf, oder diese erscheinen auch, besonders an Blattstielen und Stengeln, in eigenen Häufchen.

Diese Puccinienform unterscheidet sich von der *P. suaveolens* nur wenig, besonders durch das nur local in der Nährpflanze verbreitete Mycel, die spärlichen und flüchtigen Spermogonien.

Sehr ähnlich wie bei *P. Hieracii* ist die Entwicklung bei einer auf mehreren Umbelliferen häufig vorkommenden Puccinie, die man, um

den ältesten Namen für eine auf diesen Nährpflanzen vorkommende Uredinee zu erhalten, als *P. bullata* (Persoon[1]) bezeichnen kann.

Auf *Aethusa Cynapium* L., *Silaus pratensis* Bess., *Petroselinum sativum* Hoffm. und *Conium maculatum* L. habe ich die Entwicklung des Pilzes verfolgt, sie verhält sich auf diesen Nährpflanzen ganz gleich. Als erste Erscheinung treten hier auf der Oberseite der Blätter in kleinen kreisförmigen Flecken meist zu 6 bis 10 zusammenstehend, honiggelbe, kuglige Spermogonien mit kegelförmiger Mündung auf. Bald folgen zerstreute hell zimmtbraune Uredohäufchen. Die Uredosporen sind sehr charakteristisch gebildet, sie sind eiförmig, nach unten meist stark verschmälert, sie werden bis 28 Mik. lang, 20 breit. Ihre Membran ist hell ocherfarben, am Scheitel kappenförmig ziemlich stark verdickt und hier besonders deutlich stachlig, an den Seiten sind meist zwei stark verdickte Keimstellen bemerklich; der Inhalt enthält rothe Oeltropfen. Die Teleutosporen sind länglich, elliptisch keulenförmig, meist werden sie bis 38 Mik. lang. Ihre Membran ist ganz glatt, am Scheitel sehr schwach verdickt, doch so, dass man die Keimstelle meist als einen kurzen Kanal deutlich erkennen kann; der Inhalt ist bei den jungen Sporen immer hellroth.

Bei Sporen, welche auf den Stengeln von *Conium* überwintert waren, habe ich im Mai die Keimung eintreten sehen. Es ist über dieselbe kaum etwas zu bemerken. Die Sporidien waren eiförmig, farblos, an den kurzen Promycelien bildeten sich, vielleicht durch Zufälligkeiten bedingt, meist nur 2 Sporidien.

Ihr nahe steht die auf *Pencedanum Oreoselinum* häufig vorkommende Puccinie, welche ich als *P. Oreoselini* (Strauss) bezeichne[2]). Den Mittheilungen von Magnus über die Entwicklung

---

1) Persoon, Obs. myc. (1796) I. S. 93. — Synops. meth. fung. S. 222: *Uredo bullata*: in herbarum caule bullatim prominens suborata, pulvere spadiceo: sporulis bilobis (numero 8 similibus) in planta quodam umbellata observari . . .

Albertini et Schweiniz, Consp. fung. S. 129 begreifen unter *U. bullata* die *Pucc. Aegopodii*, für welche indess die Persoon'sche Beschreibung weniger gut passt. Diese stimmt sehr gut für die Form der Pucc., die man an alten Umbelliferenstengeln z. B. den von *Conium* im Frühjahr noch häufig auffindet. — Mit Sicherheit sind in den Formenkreis, den ich hier im Auge habe, zu rechnen: *Pucc. (Uredo) Conii* (Strauss), *P. Aethusae* Link. und *P. rubiginosa* Schröt., wohl auch *P. Apii* Corda.

2) Vielleicht gehört hierher schon *Uredo Athamanthae* De Candolle fl. fr. II. S. 228 und *Pucc. Umbelliferarum* De Candolle fl. fr. VI. S. 58 wenigstens grösstentheils.

dieses Pilzes[1]) habe ich nichts zuzufügen, nur bemerke ich, dass er morphologisch der oben beschriebenen Form sehr nahe steht, die Uredosporen haben dieselbe charakteristische Scheitelverdickung, der Inhalt der frischen Uredo- und jungen Teleutosporen ist ebenfalls röthlich, letzere jedoch am Scheitel schwach punctirt.

Uredo Terebinthi De Candolle auf *Pistacia Terebinthus* und *P. Lenthiscus* besitzt eine ähnliche Entwicklung, auf welche ich allerdings nur aus der Untersuchung trockener Exemplare schliesse. Die Spermogonien stehen hier meist in sehr grosser Zahl zu einem 2 bis 3 Millim. breiten rundlichen Flecke vereinigt auf der Oberseite der Blätter, in kleinerer Zahl an der entsprechenden Stelle auf der Unterseite. Um sie herum, gewöhnlich in einem breiten Kreise, manchmal zu einem Ringe zusammenfliessend, erscheinen die Uredohaufen von der abgehobenen Epidermis eingefasst. In Gesellschaft der Uredo findet sich an älteren Exemplaren meist auf der Oberseite der Blätter die *Pileolaria Terebinthi* Castagne, die man wohl mit einiger Wahrscheinlichkeit als die Teleutosporenform von *Uredo Terebinthi* ansehen kann. — Die Spermogonien finde ich von den meisten Uromyces- und Puccinia-Spermogonien etwas abweichend, dem Typus der Sporenlager bei *Caeoma* näherstehend. Sie bilden halbkuglig gewölbte oder abgeflachte, der Blattsubstanz flach aufsitzende bräunliche Polster von 60 bis 80 Mik. Breite und 40 bis 50 Mik. Höhe. Die Sterigmen sind pfriemlich, unten etwa 25 Mik. breit, oben etwas zusammengeneigt; die Spermatien sind elliptisch. —

5) Auf *Adoxa Moschatellina* L. sind schon seit sehr langer Zeit zwei Uredineenformen bekannt: *Aecidium albescens* Greville 1824 und *Puccinia Adoxae* De Candolle 1805. Beide Formen sind nicht selten und ich habe, wenn ich mich genügend umsah, bis jetzt immer da, wo ich die eine Form auffand, auch in nicht allzugrosser Entfernung die andere angetroffen. Fast niemals kommen beide auf derselben Pflanze zusammen vor, indessen habe ich schon im Jahre 1871 einzelne Fälle ausnahmsweise gefunden, in denen beide aus demselben Stengel oder Blatte hervorbrachen.

Beide Formen zeigen ein sehr gleichartiges Auftreten. Bei beiden durchzieht ein Mycel die ganze Pflanze, auch die Puccinienhäufchen treten pustelförmig, ähnlich wie Aecidium-Becher an Stengel und Blattfläche, selbst an den Kelchen und Früchten auf,

---

[1]) P. Magnus, Bemerkungen über einige Uredineen. Hedwigia 1877. S. 65.

meist in regelmässigen Abständen von einander, sich oft excentrisch ausbreitend, später erst zusammenfliessend; dies Verhalten zeigten sie auch da, wo ich sie mit Aecidium auf der gleichen Pflanze fand.

Diese Wahrnehmungen genügten mir früher, um Aecidium und Puccinia zu einer Species zu rechnen.

In den früher von mir beobachteten Fällen (auch da, wo beide Formen auf demselben Blatte wuchsen), ebenso bei Durchsicht zahlloser Herbarienexemplare von verschiedenen Theilen Europas, hatte ich nie Uredosporen gefunden [1]), ich stellte daher den Pilz in die Unterabtheilung *Pucciniopsis,* die sich von den Puccinien mit drei Sporenformen durch das Fehlen der Uredo-Sporenform unterscheidet.

Gegen das Zusammengehören der Puccinia und des Aecidium können dieselben Gründe aufgeführt werden, wie sie oben bei Besprechung von *Uromyces* und *Aecidium Ficariae* geltend gemacht worden sind. Insbesondere ist nicht zu verkennen, dass die einzelnen Formen oft territorial ziemlich weit getrennt gefunden werden. In der Umgegend von Breslau z. B. wurde viele Jahre hintereinander an einem Bachufer bei Sibyllenort das Aecidium weit verbreitet, doch nie Puccinia, dagegen mehr als 10 Kilom. entfernt auf der andern Oderseite im Park von Lissa die Puccinia und nie Aecidium gefunden.

Durch anderweitige Beobachtungen gewarnt, hielt ich es später immerhin für möglich, dass das Aecidium zu einer heteröcischen Uredinee gehören könnte. Ich wurde darauf aufmerksam gemacht, dass dasselbe vielleicht in den Entwicklungskreis der *Puccinia Nolitangere* Corda zu rechnen sein könnte, die wenigstens in der Umgegend von Breslau in der Nachbarschaft des Aecidiums häufig auftritt. Für die Möglichkeit dieser Annahme schien mir zu sprechen, dass ich auf *Impatiens* nie ein Aecidium oder Spermogonien angetroffen hatte, wiewohl ich eifrig danach gesucht und schon an den Cotyledonen der jüngsten Keimpflanzen Uredo gefunden hatte.

Als ich im Frühjahr 1876 *Aecidium Adoxae* an einer bestimmten Waldstelle auffand, machte ich den Versuch, die mir geäusserte Vermuthung, zugleich aber auch die Frage, ob die Aecidium-Sporen auf *Adoxa* die Puccinia hervorriefen, zu prüfen. Ich will kurz erwähnen, dass die Infectionsversuche von *Impatiens* gar keinen Erfolg

---

[1]) Rabenhorst, fung. europ. I. 1197. *Uredo Adoxae* Auerswald. Auch hier fand ich in den von mir untersuchten Exemplaren nur Puccinia.

hatten, auch im Freien, auf der bezeichneten Waldstelle, wo *Impatiens* in der Nähe der mit Aecidium besetzten *Adoxa*-Heerde wuchs, trat auf jener keine Uredinee auf. Dagegen stellte sich bald heraus, dass die Infection der *Adoxa*-Blätter durch die Aecidium-Sporen gelungen war. Auf der Unterseite der Blätter traten zerstreute kleine rundliche Pusteln auf, von einem kreisförmigen weisslichen Flecke umgeben. Die Pusteln enthielten gut ausgebildete Uredo-Sporen, die einen hell bräunlichen Staub bildeten. Die einzelnen Sporen waren elliptisch oder eiförmig 22—27 Mik. lang, 17—21 breit, ihre Membran ocherfarben, sehr deutlich und regelmässig mit Stacheln besetzt, der Inhalt farblos. Die Uredo-Häufchen boten durch ihr isolirtes Auftreten, ihre helle Farbe und den weisslichen Hof, der sie umgab, ein von dem gewöhnlichen Auftreten der *Puccinia Adoxae* ganz verschiedenes Ansehn. Eine Zeit lang wurde nur Uredo in den Häufchen gebildet, später aber auch reichliche Teleutosporen, die sich von den gewöhnlichen Sporen, die sich aus einem die ganze Pflanze durchziehenden Mycel entwickeln, nicht unterschieden.

Auch an den im Freien wachsenden Pflanzen war auf dem bezeichneten Waldplatze die Entwicklung eine gleiche, sie trat nur etwas später ein als bei den Culturen im Zimmer. Im Frühjahr 1877 suchte ich die Stelle wieder auf und fand wieder das gleiche Verhalten des Pilzes. Schon Anfang März erschienen an Stengeln und Blättern Spermogonien, bald darauf die Aecidien über die ganze Pflanze verbreitet. Anfang April waren, zumeist an solchen Blättern, die keine Aecidien trugen, aber auch an solchen, die theilweise mit diesen besetzt waren, die Uredo-Häufchen zu finden, in denen sich jetzt bald Puccinia-Sporen bildeten; dass nur mit Puccinia-Sporen erfüllte Häufchen gleichzeitig mit dem ersten Auftreten der Aecidien oder vor dem Uredo aufgetreten wären, habe ich an diesen Pflanzen bisher nicht gesehen.

Puccinia Adoxae entwickelte sich also hier so wie ich es für die Gruppe *Eupuccinia* annehme mit Bildung von Spermogonien, Aecidium, Uredo und Puccinia auf derselben Nährpflanze. Woher es kommt, dass für gewöhnlich der Pilz nur in den zwei Fruchtformen auftritt, kann nach den bisherigen Erfahrungen noch nicht mit Sicherheit entschieden werden. Die einfache Annahme, dass das Einkeimen der Teleutosporen in die Pflanze ein perennirendes Aecidium-Mycel erzeugt, kann noch nicht erklären, wodurch das perennirende Puccinia-Mycel gebildet wird. Man kann sich vorstellen, dass das perennirende Aecidium-Mycel in einem gewissen Alter vielleicht nur Teleutosporen erzeugt, wie wir dies bei der

Vegetation der Gruppe *Euuromyces* und *Eupuccinia* auf einer Nährpflanze als regelmässige Erscheinung kennen.

Eine andere Art, wie sich ein perennirendes Teleutosporenmycel bilden kann, zeigte mir eine von *Uromyces Trifolii* (Hedw. f.)[1]) besetzte Pflanze von *Trifolium repens* L., die ich etwa ein Jahr lang im Zimmer gezogen habe. Diese Uredinee besitzt ebenfalls alle Fruchtformen, das Aecidium wird selten angetroffen und ist von kurzer Dauer, die Uredo-Sporen findet man dagegen sehr häufig, das ganze Jahr hindurch, gegen den Herbst zu mit den Teleutosporen reichlich in denselben Häufchen gemischt, zuletzt finden sich nur diese vor. Die beobachtete Pflanze nahm ich im October ins Zimmer, sie trug damals schon nur Uromyces-Sporen, und entwickelte dieselben nun den ganzen Winter hindurch bis in den nächsten Sommer. Jedes neue Blättchen zeigte von seinem Hervortreten an die schwarzen, blasenförmig aufgetriebenen Sporenhäufchen an den Blattstielen, besonders aber an den Gelenkverbindungen der Blättchen mit ihren Stielchen und auf der Rückseite der mittleren Blattrippe. Blattstiele und Blättchen wurden dadurch stellenweise stark aufgetrieben und vielfach verkrümmt. Hier war also das Mycel, welches im Freien auf kleine Blattstellen beschränkt war und vielleicht durch die Winterkälte getödtet worden wäre, ausdauernd geworden.

Ob ein ähnlicher Vorgang auch bei *Aecidium Adoxae* eintritt, kann die fortgesetzte Beobachtung zeigen, meine Wahrnehmung in zwei aufeinanderfolgenden Jahren spricht noch nicht dafür.

Die Fälle, in denen auf derselben Nährpflanze Aecidium und später keine Uredo, wohl aber Uromyces oder Puccinia folgen, finden sich in der Natur nicht selten, häufig unter solchen Umständen, dass man an dem Zusammenhange der beiden Fruchtformen nicht zweifeln kann, doch bieten sich immer für eine systematische Darstellung grosse Schwierigkeiten, weil auch hier wieder nur Culturen über diese Zugehörigkeit endgültige Entscheidung bringen können. Eine der hierher gehörigen Formen ist *Puccinia Tragopogi* (Pers.), eine ähnliche *P. Sii Falcariae* (Pers.)[2]). Diese beiden Pilze bieten Gelegen-

---

[1]) *Puccinia trifolii* Hedw. f. Fung. ined. bei De Candolle flore franç. II. S. 225. 1805.

[2]) *Aecidium Tragopogi* Persoon Synops. meth. fung. S. 211. — *Aecidium Sii Falcariae* Persoon Disp. meth. fung. S. 12. Synops. meth. fung. S. 212.

Ich halte den Speciesnamen des Autors fest, welcher zuerst den Pilz in einer seiner Fruchtformen bekannt gemacht hat. Bei heteröcischen Uredineen, deren Aecidium zuerst bekannt, aber nach der Nährpflanze benannt ist, muss natürlich von diesem Prinzip Abstand genommen werden.

heit, zu bemerken, wie in dem Entwicklungskreise einer Uredinee die Ausbildung der Uredosporen unterdrückt und dadurch die Differenzirung der Arten herbeigeführt wird.

Ich habe bei Untersuchung der selbst gesammelten und in fremden Herbarien vorgefundenen *Pucc. Trag.* auf *Tragopogon pratensis* L. und *P. orientalis* L.[1]) nie Uredosporen gefunden, sondern nur die Puccinia-Sporen, die eine sehr charakteristische Gestalt besitzen. Sie sind an beiden Enden abgerundet, von sehr verschiedener Grösse, 37—48 Mik. lang, aber fast immer sehr breit, 29—38 Mik., dabei in der Mitte gar nicht oder nur sehr wenig eingeschnürt, so dass die kurzen Sporen oft ganz kuglig erscheinen. Ihre Membran ist sehr dick, lebhaft kastanienbraun, mit flach halbkugligen, aber meist sehr deutlichen gleichfarbigen Warzen besetzt; sie stehen auf zarten leicht abreissenden Stielen.

Eine dieser in ihrer Teleutosporenform ganz gleiche Form kommt auf *Podospermum laciniatum* L. in Deutschland und Frankreich, auf *Pucc. Jacquini* in Oesterreich (bei Wien), auf *Rhagadiolus stellatus* in S. Frankreich vor. (Collines au nord du Luc. J. Mueller im Herb. der Univ. Strassburg.) Es ist dies die *Puccinia Podospermi* De Candolle[2]). Ein Aecidium, welches besonders durch die über die ganze Blattfläche oft auch über Stengel und Hüllkelchblätter zerstreute Becher, dem der *P. Targopogi* gleicht, findet sich auch auf diesen Nährpflanzen, es war schon De Candolle an *Podospermum* bekannt, er rechnete es zu seinem *Aecidium cichoracearum*[3]), die Form auf *Rhagadiolus*[4]) ist von Passerini in Italien aufgefunden worden. Man würde daher beide Puccinien vereinigen können, wenn sich nicht *P. Podospermi* durch das Vorkommen von Uredo-Sporen unterschiede, welche regelmässig, gut ausgebildet und reichlich den, in denselben Häufchen auftretenden, Teleutosporen vorangehen. Sie sind fast kuglig, elliptisch oder eiförmig, 23 bis 26 Mik.

---

[1]) Eine auf *Tragopogon floccosus* W. K. vorkommende Uredinee, welche ich durch Dr. P. Magnus erhielt (bei Memel gesammelt), zeigt Uredo- und Teleutosporen, sie gleicht der *P. Hieracii* Mart. Ebenso verhält sich eine Puccinia auf *Scorzonera humilis* L., die ich aus Schlesien und von einigen Standorten in Frankreich kenne.

[2]) *P. Podospermi* De Candolle Flor. française II. Additions S. 595. 1805.

[3]) *Aec. Cichoracearum α Scorzonerae laciniatae* De Candolle Fl. fr. II. S. 239.

[4]) *Aecidium Rhagadioli* G. Passerini. Fungi Parmensi. Nuovo Giornal. bot. Ital. 1877. S. 267.

lang, 21 bis 24 breit, ihre Membran hellbraun mit kurzen, spitzen Stacheln besetzt und mit drei im Aequator stehenden Keimflecken versehen. Diese Pucc. gehört also in die Gruppe *Eupuccinia*, *P. Tragopogonis* in die Gruppe *Pucciniopsis*.

Prof. De Bary, welcher *P. Tragopogonis* durch Aussaat der Aecidium-Sporen auf Blätter von *Tragop. pratensis* und *Tr. porrifolius* erhielt[1]), hat zwischen den sogleich auftretenden Puccinia-Sporen eine kleine Zahl Uredo-Sporen gefunden, dies deutet darauf hin, dass die Puccinia die Fähigkeit Stylosporen zu bilden noch nicht ganz verloren hat, wenn sie auch für gewöhnlich ganz unterdrückt wird.

Aecidium Sii Falcariae Pers. ist dem *Aec. Tragopogonis* fast ganz gleich. Die zu ihm gehörigen Puccinia-Sporen treten häufig zwischen den Bechern, ja oft in diesen selbst auf. Ich habe hier bei Untersuchung sehr vieler, aus Deutschland, Oesterreich und Frankreich stammender Exemplare nie Uredosporen gefunden. Blasse, einzellige Sporen, welche zwischen der Puccinia vorkamen, konnte ich immer als einzellige Teleutosporen (welche übrigens auch bei *P. Tragop.* nicht selten sind) oder als eingestreute alte Aecidium-Sporen erkennen. Die Teleutosporen sind elliptisch, kurz und schwach gestielt, 30 bis 37 gewöhnlich 36 Mik. lang, 18 bis 22 Mik. breit, in der Mitte etwas weniges eingeschnürt, am Scheitel und am Grunde meist abgerundet, seltener gegen den Stiel etwas verschmälert, ihre Membran ist glatt, etwas trüb kastanienbraun, an dem Scheitel um die Keimstelle sehr schwach verdickt. Auf *Bupleurum*-Arten in Deutschland und Oesterreich an *B. falcatum* L. an mehreren Orten nicht selten, stellenweise auch auf *B. longifolium* L. kommt eine Puccinie vor, die dieser ganz ähnlich ist, die *P. Bupleuri* Rudolphi. Bei dem Aecidium (*A. Bupleuri* Opitz) sind Spermogonien und Aecidium-Becher über die ganze Blattfläche und fast über die ganze Pflanze verbreitet. Die Puccinia ist der auf *Falcaria* ebenfalls sehr ähnlich, vielleicht etwas kürzer, 28 bis 33 Mik. lang, 18 bis 22 Mik. breit, sonst aber ganz gleich gebildet. Auch bei dieser Puccinie habe ich jetzt noch keine rein aus Uredo gebildeten Sporenhäufchen gefunden, welche den Teleutosporen vorangehen, wohl aber finden sich zwischen den Puccinien-Sporen häufig Uredo-Sporen, die meist kuglig oder kurz-elliptisch 20 bis 22 Mik.

---

[1]) A. de Bary, Recherches sur le développement de quelques champignons parasites (Annales des sciences Natur. IV. Sér. Bot. T. XX.) S. 80.

lang, 17 bis 20 breit, mit hellbrauner, kurzstachliger, mit 3—4 Keimstellen versehener Membran. Ich fand sie an Zahl bis jetzt immer viel geringer als die Puccinia-Sporen, manchmal ganz fehlend, im Uebrigen aber gut ausgebildet. Diese Uredo-Bildung ist hier auch entschieden unterdrückt, aber nicht vollständig wie bei *P. Tragopogonis* und *P. Sii Falcariae*, *P. Bupleuri* muss desshalb immer noch in die Gruppe *Eupuccinia* gestellt werden [1]).

---

[1]) Die mir bekannten auf europäischen Umbelliferen vorkommenden Uredineen lassen sich in folgender Weise gruppiren:

Puccinia.

I. *Eupuccinia.* Spermogonien, Aecidium, Uredo und Puccinia auf derselben Nährpflanze.
   - a. Membran der Puccinia-Sporen durch dichtstehende feine Eindrücke anscheinend netzförmig gezeichnet .... 1. *P. Pimpinellae* (Strauss) = *P. reticulata* De Bary. Auch *P. Heraclei* Greville, *P. Eryngii* DC. und *P. Sileris* Voss.
   - b. Membran glatt.
     - aa. Aecidien fleckenweise zusammengestellt.
       - * Aecidien lang röhrenförmig, Inhalt der Aec.-Sporen orangeroth. Teleutosporen lang gestielt, lang .... 2. *P. Ferulae* Rudolphi.
       - ** Aecidien kurz becherförmig, Inhalt der Aec.-Sporen fast farblos........... 3. *P. Saniculae* Greville.
     - bb. Aecidien gleichmässig über die Blattfläche verbreitet.......................... 4. *P. Bupleuri* Rudolphi.

II. *Brachypuccinia.* Spermogonien, Uredo und Puccinia auf der gleichen Nährpflanze (Aecidium fehlt).
   - a. Membran der Teleutosporen ganz glatt .... 5. *P. bullata* Persoon. = *P. Umbelliferarum* DC. z. Th., *P. Aethusae* Lk., *P. Conii* Fuckel, *P. Silai* Fuckel, *P. Apii* Cast.
   - b. Membran d. Teleutospor. am Scheitel punktirt 6. *P. Oreoselini* (Strauss).

III. *Hemipuccinia.* Uredo und Puccinia-Sporen bekannt. Spermogonien und Aecidien unbekannt. Membran der Teleutosporen grobhöckerig..... 7. *P. Cicutae* Lasch.

IV. *Pucciniopsis.* Spermogonien, Aecidium und Puccinia auf derselben Nährpflanze (Uredo-Bildung unterdrückt).
   - a. Membran der Teleutosporen ganz glatt .... 8. *P. Sii Falcariae* (Pers.).
   - b. Membran der Teleutosporen durch feine Eindrücke netzförmig gezeichnet .... 9. *P. Bunii* (De Candolle) = *P. Bulbocastani* Fuckel.
   - c. Membran der Teleutosporen grobhöckerig . 10. *P. Smyrnii* Corda.

V. *Micropuccinia.* Nur Teleutosporen sind bekannt.
   - a. Teleutosporen an der Spitze mit einem farblosen Wärzchen. Membran glatt.......... 11. *P. Aegopodii* (Strauss). Hierher gehört auch *P. Astrantiae* Kelchbr. 12. *P. enormis* Fuckel.
   - b. Teleutosporen am Scheitel abgerundet .... 13. *P. Angelicae* (Strauss).

Triphragmium.

Sporen mit strahligen Auswüchsen besetzt . 14. *Tr. echinatum* Lév.

Unbekannt sind mir die Teleutosporen von *Aecidium Foeniculi* Castagne, *Aec. Seseli glauci*, *Aec. Mei athamanthici*, *Aec. Angelicae silvestris* und von *Uredo Hydrocotylis* Montagne.

Die hier besprochenen Formen lassen sich unter einem allgemeineren Gesichtspunkte zusammenfassen. Es handelt sich in diesen Fällen um autöcische Rostpilze, deren Aecidium sich aus einem perennirenden Mycel entwickelt. Sie bilden ihre Teleutosporen zum Theil aus einem Mycel, welches vorher keine oder nur spärliche Uredosporen abschnürt, und man kann die Formen, bei denen sich Uredosporen entwickeln, als Uebergangsformen erkennen, zu denen, bei welchen die Bildung der Uredo-Sporenform ganz unterdrückt wird. Nach der bei solchen Fragen jetzt gebräuchlichen Folgerung, kann man sich diesen Vorgang aus Zweckmässigkeitsgründen erklären. Bei den vielen autöcischen Uredineen, die schnell vergängliche Aecidien-Formen besitzen, ist die Uredo-Sporenform das Haupt-Mittel die Species zu erhalten, sie ermöglicht die Verbreitung auf einen weiteren Bezirk, auf dem dann die Ausbildung der Teleutosporen erfolgen kann, die beim Erlöschen der einjährigen Generation die Species im nächsten Jahre fortpflanzen. Für die heteröcischen Formen ist die Uredo-Sporenform aus zwei Gründen zweckmässig, ausser dem angeführten Grunde darum, weil das Zusammenfinden der Teleutosporen heteröcischer Uredineen mit den für die Entwicklung der Aecidien nöthigen Nährpflanzen durch eine grössere Zahl von Zufällen gehindert sein kann, und darum durch eine weitere Ausbreitung ein günstigeres Moment dazu geboten wird. Für die mittelst eines perennirenden Mycels der Aecidien lebenden Uredineen sind die längere Zeit hervorgebrachten Aecidium-Sporen ein genügend reichliches Verbreitungsmittel. Zur Erhaltung der Art genügt die Ausbildung der Teleutosporen, und auch diese braucht nicht jedes Jahr zu gelingen, da ja das perennirende Mycel mehrere Jahre Zeit hat, auf die Bildung von Teleutosporen hin Aecidium-Sporen auszusenden. — Ich brauche wohl nicht ausführlicher zu erläutern, dass diese Darstellung nur giltig ist, indem man das was hier als Zweckmässigkeit erwähnt wird, als Folge ansieht, d. h. die erwähnten autöcischen Uredineen mit perennirendem Aecidium-Mycel haben sich auch in den Formen erhalten, bei denen die Uredo-Bildung unterdrückt wird, weil auch ohne diese Sporenform ihre Existenz gesichert ist.

Bei aufmerksamer Beobachtung der frei lebenden Uredineen finden wir öfters solche Formen, bei denen sich eine Anbahnung zur Unterdrückung der Uredosporenbildung bemerken lässt, bei gleichzeitiger Vermehrung der Aecidium-Bildung. Solche constante Formen sind z. B. die des *Uromyces Viciae Fabae* auf *Ervum hirsutum* und die der *Puccinia Galiorum* auf *Galium Aparine*. Bei beiden Formen sind Aecidium, Uredo und Teleutosporen der

Normalart ganz gleich, während aber das Aecidium bei dieser eine schnell verschwindende Frühjahrsfruchtform ist, bricht es bei jenen Abänderungen den Sommer und Herbst hindurch bis zum Spätherbst hervor in Begleitung reichlicher Teleutosporen, während die Uredo-Sporen nur spärlich gebildet werden. — Ich erwähne hierbei, dass diesen Sommeraecidien die Begleitung der Spermogonien fehlt, welche ich mit einer einzigen mir bekannten Ausnahme stets den Frühjahrs-Aecidien habe vorausgehen sehen [1]).

6) Die Puccinien, welche bald nach ihrer Reife, ohne eine Ruhepause einzugehen, keimen und Sporidien bilden, besitzen so viele gemeinsame Merkmale, dass man sie in eine geschlossene Gruppe allen anderen Puccinien gegenüber stellen kann. Ich habe dieselbe als *Leptopuccinia* bezeichnet.

Das wichtigste Merkmal der hierher gehörigen Formen ist natürlich nur durch Culturen lebender Exemplare zu erkennen und dieser Umstand bewog mich besonders, die Gruppe hier zu besprechen. Zuweilen kann man indess auch bei Untersuchung trockener Exemplare ausgekeimte Sporen mit wohlerhaltenen Keimschläuchen finden, wie ich sie z. B. an trocknen Exemplaren von *Pucc. Silphii* Schwz. u. *P. grisea* (Strauss) (*P. Globulariae* DC.) häufig und reichlich gesehen habe, solche Formen wird man gewiss unbedenklich in diese Gruppe stellen können.

Bisher hat man bei diesen Puccinien weder Uredo- noch Aecidium-Bildung gefunden. Der Ausfall der Uredo-Bildung wird durch die Entwicklungsweise bedingt, die Uredo-Sporen werden hier durch die Sporidien ersetzt, die durch ihre grosse Menge den Pilz weithin und lange Zeit hindurch verbreiten helfen. Die Möglichkeit, dass auch diese Puccinien Aecidium bilden könnten, lässt sich nicht abstreiten, doch ist dafür noch kein Beispiel bekannt, auch sind auf den meisten Nährpflanzen, die *Leptopuccinien* ernähren, entweder überhaupt keine Aecidien gefunden worden oder diese werden zu anderen Puccinien gerechnet. In morphologischer Beziehung kommen sie alle darin überein, dass ihre Membran glatt ist, dass sie an festanhaftenden Stielen auf einem stark entwickelten Hypothallus stehen und in dichten, gewöhnlich rundlichen Polstern auftreten.

---

[1]) Die Ausnahme betrifft das Aecidium der *Puccinia Alliorum* (DC.) (*P. mixta* Fuck.). Bei dem ersten Auftreten desselben, welches ich im Bot. Garten in Breslau an Keimpflanzen und aus älteren Zwiebeln vorschiessenden Blättern beobachtete, sah ich nur Aecidium-Becher, keine Spermogonien. Ebenso erschien nach Aussaat gekeimter Puccinia-Sporen auf *Allium Schoenoprasum* Aecidium ohne Spermogonien.

Die Unterscheidung der Species ist in dieser Gruppe oft ziemlich schwer, und es ist darin zumeist ganz willkürlich oder auf flüchtige Untersuchungen hin verfahren worden, namentlich scheint das verschiedene Ansehen, welches bei einigen Arten die ausgekeimten und die noch mit Inhalt versehenen Sporen bieten, zu Annahme verschiedener Arten Veranlassung gegeben zu haben, ferner die hellere oder dunklere Membranfärbung, besonders der Spitzenverdickung, die bei einigen Formen, wie es scheint nach dem Alter der Sporen, vielleicht auch nach dem Alter des Mycels, aus dem die Sporenpolster gebildet sind, verschieden ist.

Ganz besonders gross ist die Zahl der hierher gehörigen Formen auf *Sileneen* und *Alsineen*, welche selbst viele derjenigen Mycologen, die über Zersplitterung der Arten klagen, in eine mehr oder weniger grosse Artenzahl spalten. Link[1]) hatte die hierhergehörigen ihm bis 1825 bekannten Formen auf *Dianthus, Stellaria, Spergula* und *Sagina* als *P. Lychnidearum* (auch die nicht hierhergehörige *P. Frankeniae*) zusammengefasst, Fuckel unterschied 1869[2]) wieder 5 Arten (wobei *P. Dianthi* DC. noch nicht mit inbegriffen ist) auf 11 Nährpflanzen. Die Unterschiede, die er annimmt, sind zum Theil dadurch bedingt, dass er verschiedene auf einer Nährpflanze vorkommenden Uredineen, ohne ihre Zusammengehörigkeit zu prüfen, in den Entwicklungskreis der gleichen Species stellt. Ich kenne jetzt auf 26 Pflanzen (nur die europäischen Formen gerechnet) aus der Familie der *Caryophylleen Leptopuccinien,* nämlich auf: *Tunica prolifera* Scop., *Dianthus barbatus* L., *Cuccubalus baccifer* L., *Melandryum rubrum* P. M. E., *Agrostemma Githago* L., *Sagina procumbens* L., *S. apetala* L., *S. nodosa* (L.), *S. saxatilis* Wimm., *Möhringia muscosa* L., *M. trinervia* L., *Arenaria serpyllifolia* L., *Stellaria nemorum* L., *St. media* Vill., *St. Holostea* L., *St. graminea* L., *St. uliginosa* Murr., *Malachium aquaticum* (L.), *Cerastium glomeratum* Thuill., *C. triviale* Link., *Spergula arvensis* L., *Sp. pentandra* L., *Alsine verna* (L.); in den Gärten auch an *Dianthus chinensis, Saponaria persica* und

---

1) H. F. Link, Spec. plant. VI. P. II. S. 80.

2) L. Fuckel, Symbolae mycologicae S. 50: 12. *P. Agrostemmae* †, 13. *P. Stellariae* †, 14. *P. Spergulae* DC., 15. *P. Möhringiae* †, 16. *P. Saginae* †. — Als *P. Lychnidearum* †, wozu *P. L.* Link als Synonym gezogen wird, beschreibt er die *Puccinia* (Eup.) auf *Silene inflata,* sie ist in v. Thümen Mykoth. univ. No 635 als *P. Behenis* Schröt. ausgegeben und näher beschrieben worden.

Cerastium sp. Ich habe bei einer Anzahl derselben die Keimung und Sporidienbildung gesehen, und einzelne von ihnen längere Zeit cultivirt.

Den Versuch durch morphologische Merkmale unter diesen Formen constante Arten zu unterscheiden, habe ich aufgeben müssen. Die Sporen sind bei allen lang gestielt, im allgemeinen spindelförmig, die obere Zelle vor dem Auskeimen meist zugespitzt, die Membran vor dem Auskeimen ocherfarben; die Länge schwankt auf derselben Nährpflanze in sehr weiten Grenzen zwischen 33 bis 44 Mik. Ob sich einzelne Formen auf ihren Nährpflanzen fixirt haben und auf andere nicht übergehen, kann nur durch umfassende Culturen festgestellt werden.

Bei den meisten dieser Formen, z. B. der auf *Stellaria*, auf *Melandryum*, *Dianthus*, *Möhringia trinervia*, *Sagina procumbens* ist das Plasma der jungen Sporen farblos, ebenso das der Promycelien und Sporidien. Bei einigen wenigen von ihnen, soweit mir bekannt nur bei denen auf *Spergula (Sp. arvensis*, die auf *S. pentandra* habe ich nicht frisch untersucht) und *Alsine verna* ist das Plasma der jungen Sporen, der Promycelien und Sporidien hellroth gefärbt. Man kann hiernach wohl zwei differente Species unterscheiden, die ersterwähnte wird als *P. Arenariae* (Schumacher)[1]) zu bezeichnen sein, weil Sch. zuerst 1803 eine Form aus dieser Reihe als *Uredo Arenariae* unterschieden hat, (bald darauf 1805 stellte De Candolle seine *P. Dianthi* auf), die zweite Form ist *Puccinia Spergulae* De Candolle[2]).

Bei *Pucc. Corrigiolae* Chevallier habe ich die Sporidienbildung ganz so gefunden, wie bei *P. Arenariae*, auch morphologisch würde ich beide Formen ohne Berücksichtigung der Nährpflanze nicht unterscheiden können[3]). Das Gleiche gilt für *P. Herniariae* Unger[4]). *P. Chrysosplenii* Greville, welche ich nicht frisch

---

[1]) a. a. O. S. 232. 66. *Uredo Arenariae (= Pucc.* auf *Moehringia trinervia).* 67. *U. Alsines (Pucc.* auf *Stellaria media.)*

[2]) a. a. O. S. 219.

[3]) Ich habe diese Pucc. in Rabenhorst fung. eur. 1678 ausgegeben. Ich hielt sie, die bis dahin in Deutschland noch nicht beobachtet war, für eine neue Art. Exemplare im Herb. Duby (Univ. Herb. Strassburg) aus Frankreich, dort als *P. C. Chev.* bestimmt, sind aber der von mir gefundenen Form ganz gleich.

[4]) F. Unger, Ueber den Einfluss des Bodens auf die Vertheilung der Gewächse 1836. S. 218. — *P. Herniariae* Lasch., Rabenhorst, Herb. myc. II. No. 1397, ist nicht verschieden.

untersucht, bei der ich aber vielfach ausgekeimte Sporen gefunden, ist ebenfalls sehr ähnlich. Für alle diese und noch einige der hier zunächst zu besprechenden Formen mag der Grundsatz gelten, dass man morphologisch nur wenig oder gar nicht unterscheidbare Uredineen als verschiedene Species rechnet, welche auf Nährpflanzen aus verschiedenen natürlichen Pflanzenfamilien vorkommen, dagegen zu derselben Species, wenn die Familie der Nährpflanzen dieselbe ist. Es ist dies eine künstlich gezogene Scheidegrenze, die vielleicht nicht richtig ist, bisher sind aber keine Fälle nachgewiesen, in denen die Teleutosporen einer Uredinee durch künstliche Infection auf Nährpflanzen von verschiedenen Familien erzogen worden wären.

Die Räschen der *Puccinia Thlaspeos* Schubert, auf *Thlaspi alpestre* und *Arabis hirsuta* nicht selten vorkommend, überziehen die Unterseite der Stengelblätter ihrer Nährpflanzen bis zu ihren Spitzen mit hellbraunen Krusten. An den Stengeln und den überwinternden Blattrosetten habe ich sie nie hervorbrechen sehen. Ich habe vor vielen Jahren den Pilz auf Wiesen zwischen Jülich und Eschweiler in der Rheinprovinz auf *Thlaspi alpestre* sehr häufig, und jedes Jahr an denselben Stellen angetroffen. Die ergriffenen Pflanzen machen sich schon bei ihrem ersten Sprossen Ende März durch ein gelbes kränkliches Wachsthum bemerklich, der Stengel ist aufgetrieben und häufig verkrümmt. Man kann aus diesem eigenthümlichen Wachsthum, welches die Puccinia sehr leicht kenntlich macht, schliessen, dass sie sich aus einem die ganze Pflanze durchziehenden und wahrscheinlich perennirenden Mycelium entwickelt. Die Sporen sind an Gestalt und Grösse denen von *P. Arenariae* ähnlich, nur gewöhnlich kürzer gestielt und am Scheitel gewöhnlich abgerundet. Sehr häufig finden sich in den Räschen ausgekeimte und noch mit Promycelien besetzte Sporen, die Puccinie gehört daher zweifellos in die hier betrachtete Gruppe.

Dies gilt auch, wie oben erwähnt, für *Puccinia grisea* (Strauss), die auf *Globularia vulgaris* und *Gl. nudicaulis* in der ganzen Alpenkette von Steyermark bis Savoyen verbreitet ist. Ihre Sporen sind morphologisch sehr gut characterisirt durch meist lineal-lanzettliche, nach beiden Enden verschmälerte, an der Scheidewand nicht zusammengeschnürte, 35 bis 52 (meist 40 bis 45) Mik. lange und 11 bis 15 (meist 13) Mik. breite Sporen mit sehr hellfarbener fast farbloser Membran.

Auf verschiedenen *Galium*-Arten kommt, wie es scheint in ganz Europa, wenigstens in Mittel- und Nord-Europa, eine *Leptopuccinia* vor, welche auch die erste bekannt gewordene Puccinie aus dieser

Gruppe ist, da sie schon Persoon als *P. Valantiae* beschrieben hat[1]). Ich kenne sie von *Galium Cruciata* (L.), *G. glabrum* (L.), *G. Aparine* L., *G. rotundifolium* L., *G. saxatile* L., *G. Mollugo* L., *G. silvaticum* L., *G. silvestre* Poll. Diese Formen haben zu vielen Synonymen Veranlassung gegeben; die Form auf *G. glabrum* z. B. ist von Roberge als *P. heterochroa*, von Cesati als *P. Galii verni*, die auf *G. saxatile* von Fuckel als *P. acuminata* beschrieben worden, ich finde sie auf den einzelnen Nährpflanzen aber nicht verschieden. Die Sporenpolster sind an den Stengeln lang ausgedehnt und breit, an den Blättern rundlich und klein, an den Blüthen und Fruchtstielen bilden sie oft lange, ziemlich dünne Schwielen und verursachen mannigfache Verkrümmungen, sie gehen auch auf die Früchtchen selbst über. Die Sporen sind spindelförmig, bis 65 Mik. lang, 13 bis 15 breit, an der Spitze abgerundet oder zugespitzt, und darin ebenso variabel wie *P. Arenariae*. In Baden ist diese Pucc. besonders auf *Gal. Mollugo*, auf den höheren Bergen auch auf *Gal. silvestre* häufig. Im frischen Zustande zeichnen sich die jungen Sporenrasen durch einen lebhaft honiggelben schwieligen Rand aus, welcher sie begrenzt, durch das reichliche in ihrer Umgebung wuchernde Mycel veranlasst. Die Sporen keimen leicht bis in den December hinein, das Plasma der Promycelien und Sporidien ist hell röthlich.

Dieser Pucc. ist die *P. Malvacearum* Montagne sehr ähnlich, nur sind die Sporen noch etwas länger (häufig bis 60 Mik.), und besonders breiter. Nach dem, was ich schon im Jahre 1873 über das Wachsthum und die Sporidienbildung derselben mitgetheilt habe[2]) und den vielen in den letzten Jahren über diese Puccinia erschienenen Berichten brauche ich hier auf dieselbe nicht näher einzugehen.

Von den Pflanzen aus der Familie der *Labiaten* sind mehrere als Nährpflanzen von *Leptopuccinien* bekannt, welche Letztere wenigstens zu zwei morphologisch gut zu unterscheidenden Arten gehören. Als eine Art fasse ich die Formen auf, welche auf *Teucrium*-Arten vorkommen, die als *Pucc. annularis* (Strauss) zu bezeichnen ist. Die Sporen dieser Formen sind spindelförmig, ihre Membran hellbraun, sie stehen daher den bisher besprochenen *Leptopuccinien* nahe. Die Formen auf *Teucrium Scorodonia* L., *T. Chamaedrys* L. und *T. fruticans*, welche von einzelnen

---

[1]) Persoon, Obs. mycol. 2. p. 25 L. 6 f. 4. Synops. meth. fung. S. 227. —: *Puccinia Valantiae* in *Valantiae conciatae foliis*.

[2]) J. Schröter, Bemerkungen über eine neue Malvenkrankheit. Hedwigia 1873. S. 183. —

Autoren als besondere Arten unter eigenen Namen unterschieden worden sind, halte ich nach eigener Untersuchung nicht für verschieden. Diese Puccinia auf *Teucrium Scorodonia* ist in ganz Baden sehr verbreitet. Sie bildet, wenn die Witterung ihrer Entwicklung günstig ist, bis Ende November neue Sporenpolster, und geht dann auch auf alle grünen Theile, Kelche und selbst junge Früchtchen über, wie dies überhaupt für die *Leptopuccinien* recht bezeichnend ist. Die Sporidienbildung tritt bis in die späteste Jahreszeit an jungen Häufchen, die sich auf noch lebenden Blättern entwickelt haben, sofort ein, wenn man ein solches Blatt auf Wasser legt. Promycelien und Sporidien sind farblos, Letztere elliptisch, einseitig abgeflacht, 9 bis 10 Mik. lang. Ist die Blattsubstanz abgestorben, sei es in der Umgegend des Pilzes durch dessen Wachsthum bedingt, oder durch Absterben und Vertrocknen des ganzen Blattes, so keimen die Sporen erst nach einer Ruhepause. Solche vertrocknete Blätter mit ausgetrockneten Sporen-Häufchen habe ich nach ihrer Ueberwinterung im Mai eingesammelt. Auf feuchten Grund gelegt keimten sie jetzt wieder und bildeten Sporidien ganz in derselben Weise wie die Sommer-Sporen. Ich habe die so gekeimten Sporen zu resultatlosen Versuchen verwendet, eine von mir damals vermuthete Heteröcie des Pilzes zu prüfen, habe daher leider nicht erfahren, wie sie sich der eigenen Nährpflanze gegenüber verhalten.

Habituell sehr ähnlich der Form auf *Teucrium Scorodonia* ist eine *Leptopuccinia* auf *Veronica montana,* sie weicht indessen etwas in der Grösse von ihr ab, denn ihre Sporen sind meist nur 28 bis 33, selten über 35 Mik. lang. Dieser Pilz ist auf dieser Pflanze an vielen Orten Baden's, besonders auch in der Umgegend von Rastatt, sehr häufig, ich habe ihn an mehreren Standorten jahrelang controlirt und auch mehrmals länger als ein Jahr im Zimmer cultivirt. Seine Räschen sind in frischem Zustande hell zimmtfarben und bilden oft kreisförmige Flecke oder concentrische Kreise. In feuchter Luft keimen die auf lebenden Blättern oder Stengeln wachsenden Sporen sofort aus und bilden farblose Promycelien und Sporidien. Wurden die Pflanzen im Zimmer unter Glasglocken gehalten, so bildeten sich das ganze Jahr hindurch an Blättern und Stengeln frische Puccinia-Rasen und zwar bei directer Uebertragung der keimenden Sporen an den inficirten Stellen. Versuche, die Puccinia auf *Teucrium Scorodonia,* auf *Circaea* oder auch auf *Veronica Chamaedrys* zu übertragen, hatten keinen Erfolg. Ich will hier erwähnen, dass ich an einigen Standorten in Gesellschaft der sehr reichlich auf *Ver. montana* vorkommenden *Puccinia* das Aecidium auf *Circaea lutetiana*

fand, ich vermuthete deswegen eine Zeitlang einen genetischen Zusammenhang dieser beiden Rostpilze; die Versuche, die ich daraufhin angestellt, haben mir indess nichts ergeben, wodurch diese Vermuthung gestützt würde. Die erwähnte *Leptopuccinia* will ich hier als *P. Veronicae* [1]) bezeichnen, um sie wenigstens vorläufig noch von *P. veronicarum* De Candolle [2]) zu trennen.

Ueber letztere hat Körnicke vor Kurzem einige Bemerkungen mitgetheilt [3]). Körnicke unterscheidet dort zwei Formen derselben: *α. fragilipes* mit leicht abbrechenden und *β. persistens* mit fest anhaftenden Sporen-Stielen. Die erstgenannte Form ist besonders auf *Veronica urticaefolia* L. in der ganzen europäischen Alpenkette, und wie es scheint durch ganz Italien verbreitet, ich fand sie auch auf einer kleinblättrigen *Ver.*, die ich als *Ver. montana* bestimmte, am Gotthardpasse und an der Maienwand in der Schweiz. Der von Körnicke gegebenen Beschreibung der Sporen habe ich nicht viel hinzuzufügen, ich hebe nur hervor, dass ihre Membran ziemlich dunkelbraun ist, sie tragen am Scheitel eine ziemlich starke, stumpfe, oben hellere Verdickung, die meist zu einem Spitzchen verschmälert ist und deutliche Schichtung zeigt; eine ähnliche Verdickung ist auch an der unteren Zelle an einem Punkte dicht unter der Scheidewand zu erkennen. Bei dieser Form ist eine Keimung der Sporen noch nicht beobachtet worden, es scheint, dass sie nicht auf der lebenden Nährpflanze auskeimen. Die zweite Form kommt besonders auf *Veronica spicata* und *Ver. longifolia* im nördlichen Deutschland bis nach Lappland (P. A. Karsten) vor. Die Sporen dieser Form stehen in festen schwarzbraunen Häufchen, ihre Membran ist hell kastanienbraun, am Scheitel mit einer helleren zugespitzten Verdickung versehen. Ich habe diese Form nur an trockenen Exemplaren untersucht und kann über ihre Entwicklung keine eigenen Beobachtungen anführen. Körnicke sagt, dass sie sehr bald nach ihrer Reife auskeimen. Das gemeinschaftliche Vorkommen beider Formen auf *Veron. urticifolia*

---

[1]) Chr. Fr. Schumacher, Enumer. plantar. in part. Saellandiae in d. Pars posterior. Hafn. 1803 führt S. 40 eine *Uredo Veronicae* auf, die er folgendermaassen beschreibt: Peridiis suborbicularibus depressis, subconfluentibus, minutis pallide sulphureis, pulvere concolore. — In fol. *Veronicae officinalis!* — Spätere Autoren citiren diese Uredo weiter. Ich habe sie nie gesehen und halte es für sehr wahrscheinlich, dass Schumacher, welcher zwischen Uredo und Puccinia keinen Unterschied machte, die Puccinia auf *Ver. montana* gemeint hat, die auch in Dänemark vorkommt.

[2]) Fl. franç. II. Additions. S. 594.

[3]) Fr. Körnicke, Mykologische Beiträge. Hedwigia 1877. S. 1.

und *V. longifolia* habe ich ebenfalls an mehreren Herbarexemplaren gesehen. Wie mir scheint wird man annehmen können, dass die Puccinien auf Veronica-Arten einer Species angehören, welche sich auf ihrem grossen Verbreitungsbezirke in zwei verschiedene Formen differenzirt hat, deren Trennung dadurch, dass die Mittelglieder noch nicht verschwunden sind, Schwierigkeiten bietet. Die Form: *P. Veronicae* ist eine reine Leptopuccinia mit gleichmässigen, hellhäutigen Sporen, die Form *P. Veronicarum α. fragilipes* bildet vielleicht (ob auch auf *Ver. urticif.*, wird durch Versuche an lebenden Exemplaren noch festzustellen sein) eine kurze Zeit lang sofort auskeimende Sporen, später schnell abfallende spätkeimende Sporen.

Morphologisch von den bisher besprochenen Leptopuccinien sehr leicht zu unterscheiden ist *P. Glechomae* De Candolle auf *Glechoma hederacea* L., ihre Sporen besitzen bekanntlich bei völliger Reife eine dunkel kastanienbraune Membran, sie sind gewöhnlich kurz elliptisch, in der Mitte wenig oder gar nicht zusammengeschnürt, am Scheitel mit einem warzenförmigen, meist ziemlich langen, oft schiefen und seitlich gestellten Spitzchen versehen. Ganz so sehen auch die vollständig reifen Sporen von *P. Salviae* Unger aus, die auf *Salvia glutinosa* in Süd-Europa nicht selten vorkommt, man hat daher wohl keinen Grund, die beiden Puccinien als verschiedene Arten anzusehen. Die Form auf *Glechoma* habe ich lange cultivirt und Keimung und Sporidienbildung bei ihr beobachtet. Die Sporidien sind farblos, eiförmig, abgeflacht, etwa 11 Mik. lang. Die ausgekeimten Sporen erscheinen sehr hell bräunlich, fast farblos und sehen den ungekeimten reifen Sporen wenig ähnlich, man könnte glauben, dieselben gehören verschiedenen Species an. Auch auf *Salvia glutinosa* findet man häufig Häufchen ausgekeimter, blasswandiger Sporen.

Puccinia Circaeae Persoon gehört zu den kleinsten europäischen Leptopuccinien, ihre Sporen sind 24 bis 33, jedoch meist nur bis 30 Mik. lang, 9 bis 13 Mik. breit, die nicht ausgekeimten Sporen sind am Scheitel meist zugespitzt, die Membran hier bis zu 7 Mik. verdickt. Die frischen auf der Unterseite der Blätter in grosser Menge vorbrechenden Häufchen sind rundlich, meist vereinzelt, seltner in kleine Ringe oder kreisförmige Flecke zusammengestellt, und von hell zimmtbrauner oder hell chocoladenbrauner Farbe, ihre Sporen besitzen eine sehr hellbräunliche Membran. Werden frische Blätter mit diesen Sporenhäufchen nach oben auf Wasser gelegt, so keimen die Sporen sofort aus und haben nach 24 Stunden farblose Sporidien gebildet. An den Blattrippen und später auch an den Stengeln treten später grössere Sporenhaufen von dunkelbrauner,

fast schwärzlicher Farbe auf, sie bilden an den Stengeln, besonders an den knotigen Anschwellungen desselben, häufig auch an dem verdickten Grunde der Blattstiele ringsum verbreitete, oft 1 bis 2 Cm. lange, schwärzliche Krusten. Habituell sieht diese Form den hellbraunen Polstern sehr unähnlich und man könnte sich versucht fühlen, sie für eine zweite auf *Circaea* lebende Puccinia zu halten, die Sporen sind indess von gleicher Gestalt und Grösse wie bei jener, nur ist die Membran gleichmässig dunkeler gefärbt und etwas dicker. Diese Sporen keimten auf feuchten Grund gebracht nicht sofort, auch nicht einige Wochen nach der Reife. Sporenhaufen auf trockenen Stengeln im Winter eingesammelt, konnte ich bis zum Frühjahr zu keiner weiteren Entwicklung bringen, im Mai aber keimten sie in feuchter Luft aus und bildeten Sporidien. Hier findet also derselbe Vorgang statt, wie bei *P. annularis*, nur bilden sich die spätkeimenden Sporen schon früh, gewöhnlich im August, und halten demnach eine ebenso lange Ruhepause ein, wie die der meisten anderen, nicht in diese Gruppe gehörigen Puccinien. Die Differenzirung der beiden Sporenformen erinnert an die eben erwähnte, allerdings viel stärker ausgeprägte gleiche Thatsache bei *P. Veronicarum.*

Es ist schon erwähnt worden, dass in der Nähe von Rastatt an einigen Standorten auf *Circaea lutetiana* reichlich das *Aecidium Circaeae Cesati* vorkommt. Es lag nahe einen genetischen Zusammenhang zwischen der Puccinie und dem Aecidium zu vermuthen. Ich habe im letzten Frühjahr einige im Zimmer cultivirte *Circaea*-Stöcke durch die überwinterten Sporen inficirt, habe aber kein Aecidium folgen sehen, vielmehr trat an den inficirten Stöcken an Blättern und Stengeln sofort wieder sehr reichliche Puccinia-Bildung auf, und zwar zeigte sich hier schon im Juni an den Stengeln die dunkelsporige Form.

Puccinia Asteris Duby ist vielleicht der Repräsentant einer grösseren Gruppe von Leptopuccinien, welche auf Compositen vorkommen. Ich habe hier die Puccinien im Sinne, welche auf diesen Nährpflanzen festen Rasen oder Polster bilden, denen keine Uredo vorausgeht. Solche Puccinien sind ausser als *P. Asteris* Duby (1828) auch als *P. Tripolii* Wallroth (1833), *P. Asteris* Schweiniz (1835), *P. Virgaureae* Libert, *P. Ptarmicae* Karsten (fung. fen.), *P. Asteris* Fuckel (1869), *P. Millefolii* Fuckel (1869), *P. Syngenesiarum* Lk. auf *Artemisia campestris* Schröt. (1869), *P. Doronici* Niessl (1872)[1]),

---

[1]) Im Univ. Herb. Strassburg liegt die *P. Doronici* von Prost etwa 1820 gesammelt. Sie ist von Duby als *Uredo Arnicae* DC. bestimmt. — Andere

P. Leucanthemi Passerini (1874). Auch manche Amerikanische Formen gehören wohl hierher. Bei einer dieser Formen, auf *Centaurea Scabiosa* L. vorkommend[1]), habe ich die Bildung der Sporidien beobachtet, sie sind farblos, eiförmig, etwas abgeflacht, 11 Mik. lang, 6 Mik. breit. Nach Vergleich mit Duby'schen Original-Exemplaren im Universitäts-Herbar Strassburg halte ich diese Form für ganz gleich der *P. Asteris* Duby (auf *Aster salignus* L.), ihre Sporen sind charakterisirt durch keulenförmige Gestalt, nach unten keilförmig in einen dicken gelbbraunen festen Stiel übergehend, am Scheitel mit einer 6 bis 11 Mik. dicken, meist kappenförmigen (seltener zugespitzten), dunkleren, geschichteten Verdickung versehen. — Ueber den Species-Unterschied der oben genannten Formen gehen die Ansichten sehr auseinander, ich glaube man wird darüber ein sicheres Urtheil erst gewinnen können, wenn man die Formen genauer im lebenden Zustande untersucht, wenigstens ihre Keimung beobachtet, und versucht hat, ob sie auf andere Nährpflanzen übertragbar sind.

Die ansehnlichste, und von allen mir bekannten Leptopuccinien am weitesten abweichende Art ist *Puccinia Buxi* De Candolle. Ich konnte dieselbe an frischen Exemplaren untersuchen, die Professor Passerini die Freundlichkeit hatte mir Anfang Mai dieses Jahres aus Parma zuzuschicken. Die Sporenhäufchen brechen besonders an der Unterseite der Blätter, zuweilen auch aus den Aestchen vor. Die reifen Sporen, wie man sie bei Untersuchung trockener Exemplare sieht, sind 66 bis 88 Mik., selten unter 75 Mik. lang, 22 bis 26 Mik. breit, ihre Membran ist glänzend, dick, hellbraun, bis kastanienbraun, jede Zelle ist länglich, nach den Enden zu meist etwas verschmälert; an der Scheidewand sind die Sporen scharf eingeschnürt, und es ist charakteristisch, dass sie hier sehr leicht durchbrechen; der Stiel ist farblos, etwa bis 120 und meist 80 Mik. lang; an der Spitze ist eine leichte Verdickung, und meist auch eine schwache Einwölbung um das Innere der Sporen wahrzunehmen; das Plasma der trockenen Sporen ist vielfach von der Wand abgelöst und zu einer gefalteten Masse vertrocknet. Bei den frischen Exemplaren findet man in der Umgebung der Sporenhaufen ein sehr reichliches Mycel von 3 bis 4 Mik. Dicke, dessen Plasma rothe Oeltropfen enthält; es bildet um die Zellen der Nährpflanze dicke Stränge, dringt auch in dieselben ein, doch

---

Exemplare der *U. Arn.* DC. habe ich bis jetzt noch nicht gesehen, sie ist auch in neuerer Zeit nicht mehr beschrieben worden.

[1]) Rabenhorst, fung. eur. 2088.

zeigen sich keine morphologisch zu unterscheidende Haustorien. Die jungen Sporen haben eine farblose Membran und lebhaft gelbrothen Inhalt. Sie keimen nach Beendigung ihres Wachsthums sofort, wenn sie in feuchte Luft gebracht werden, ich sah sie schon auskeimen, wenn sie noch von der Oberhaut bedeckt waren. Jede Zelle keimt mit einem Keimschlauche, welcher bei der oberen Zelle genau an der Spitze, bei der unteren an einem Punkte dicht unter der Scheidewand hervortritt. Die Keimschläuche werden 7 bis 11 Mik. breit, oft bis 100 Mik. lang, und sind mit lebhaft gelbrothem Inhalt erfüllt. Die Sporidien werden auf die gewöhnliche Weise gebildet, sie sind sehr gross, eiförmig, an einem Ende ziemlich stark zugespitzt, 19 bis 24 Mik. lang, 9 bis 11 breit, ebenfalls lebhaft gelbroth, die keimenden Sporenhaufen sind von ihnen vollständig orangeroth gefärbt. Die Sporidien keimen auf feuchter Unterlage sofort aus. Ich habe versucht lebende *Buxus*-Pflanzen zu inficiren, habe aber keinen Erfolg gehabt.

Die lebhaft gelbrothen grossen Sporidien erinnern an diejenigen von *Gymnosporangium*, doch ist die Sporen-Keimung bei der letztgenannten Gattung sehr verschieden, da jede Sporenzelle zwei Keimschläuche entwickelt.

Die Entwicklung der *P. Buxi* wird natürlich erst dann vollständig bekannt sein, wenn man weiss, ob die Sporidien in *Buxus*-Blätter einkeimen, was meine negativen Ergebnisse, vielleicht unter ungünstigen Verhältnissen angestellt, nicht sofort widerlegen, oder ob sie vielleicht in eine andere Nährpflanze übergehen, und hier ein Aecidium hervorrufen.

P. Jasmini De Candolle, die in mancher Beziehung Aehnlichkeit mit *P. Buxi* hat, wird wahrscheinlich eine ähnliche Entwicklung haben.

Unter den *Uromyces*-Arten ist der Typus von *Leptopuccinia (Lepturomyces)* durch *Uromyces pallidus* Niessl[1]) vertreten. Vielleicht gehört auch *U. Solidaginis* Niessl[2]) in diese Gruppe, wie ich aus der Aehnlichkeit seines Wachsthums mit dem der *Puccinia Asteris* DC. schliessen möchte.

Rastatt, 15. November 1878.

---

[1]) Beiträge zur Kenntniss der Pilze. (Verhandl. des naturforschenden Vereines in Brünn. X. Bd. 1872. S. 14 des Separat-Abdrucks.)

[2]) Das. S. 13.



Zur

Entwickelungsgeschichte von Volvox minor (Stein).

Von

Dr. Oskar Kirchner.

Mit Tafel VI.

Am 9. September v. J. fand ich in einem nahe beim Hohenheimer Schloss befindlichen, künstlich angelegten kleinen Teich einen *Volvox* in grosser Menge, den ich bis Mitte October an diesem Standorte fortgesetzt bemerkte, und zu wiederholten Malen einsammelte. Bei genauerer Prüfung stellte sich die Alge als *Volvox minor* (Stein) heraus, ohne dass sich unter den vielen Tausend gesammelten Exemplaren ein einziges von *Volvox Globator* (Ehrb.) gefunden hätte.

In einem mit Wasser gefüllten Glasgefäss an freier Luft aufbewahrt, zeigte das Pflänzchen sogleich nach seiner Entnahme aus dem Teich reichliche Fructification, bei deren Beobachtung es mir gelang, die von Cohn (Die Entwickelungsgeschichte der Gattung *Volvox*, Beitr. zur Biologie der Pflanzen. Bd. I. Heft 3) über diese Species gemachten Angaben zu bestätigen und in einigen Punkten zu erweitern, namentlich aber die Frage nach dem weiteren Schicksal der Oosporen zu beantworten.

Die Grösse der Familien ist im allgemeinen geringer, als bei *Volvox Globator*; die meisten zeigten einen Durchmesser von etwa 200—300 μ. Auch die Anzahl der in jeder einzelnen Familie enthaltenen Zellen ist bedeutend kleiner. Bei der ersten Untersuchung glaubte ich auch zu erkennen, dass diese Species diöcisch sei, wie es von Cohn angegeben wird; denn es fanden sich Familien vor, welche neben den vegetativen Zellen nur Oogonien trugen, andere,

die ausser vegetativen Zellen nur Antheridien besassen. Allein länger fortgesetzte Beobachtung lehrte, dass der Sachverhalt etwas anders sei. Es stellte sich nämlich heraus, dass an solchen Familien, welche Oogonien trugen, nach der Befruchtung der letzteren sich regelmässig Antheridien ausbildeten, deren Spermatozoiden später die Oogonien anderer, etwas jüngerer Familien aufsuchten. Ausserdem, aber in seltenen Fällen, wurde beobachtet, dass Antheridien sich auch innerhalb solcher Familien bildeten, die nur noch vegetative Zellen besassen. Man kann also von der hier beschriebenen Form im allgemeinen sagen, dass sie zwar monöcisch ist, dass aber jede Familie erst einen rein weiblichen, später einen männlichen Zustand durchmacht. Dies könnte als eine Art von Protogynie bezeichnet werden, von der sonst meines Wissens bei den Thallophyten kein Fall beobachtet worden ist.

Die Oogonien sind kugelig, haben einen Durchmesser von 50—60 μ, und zeigen auch beim Eintritt der Geschlechtsreife keinen nach aussen gerichteten, halsförmigen Fortsatz.

Die Antheridien sind kleiner als die von *Volvox Globator*, von einem Durchmesser von 15—17,5 μ; auch enthalten sie viel weniger Spermatozoiden. Ich zählte deren in mehreren Fällen 16 in einem Antheridium (Fig. 1 b). Sie sind bündelförmig an einander gedrängt, jedes einzelne langgezogen birnförmig, hellgrün gefärbt mit hyalinem dünn ausgezogenem vorderem Ende, und mit 2 Geisseln ausgerüstet. Dort wo das hyaline Schnäbelchen (das verhältnissmässig viel kürzer ist als bei *Volvox Globator*) an den grün gefärbten Theil grenzt, sitzt ein rother, erhabener Augenfleck; im grünen Inhalt befinden sich 2 ungleich grosse Vacuolen. Die Länge der Spermatozoiden beträgt 10—13 μ, ihre Dicke 3,3 μ (Fig. 1 c d).

Die Spermatozoiden bleiben in der blasenförmigen Antheridium-Zelle eingeschlossen und neben einander gedrängt, bis diese sich aus dem Familien-Verbande lostrennt. Dann löst sich das Bündel in die einzelnen Samenkörperchen auf, die sich nun mit lebhafter Bewegung in der Blase herumtummeln, nachdem sie schon vorher die Cilien in peitschender Bewegung erhalten hatten. Mit dem Zerfliessen der Blase werden sie einzeln oder alle zugleich frei (Fig. 1 c) und sammeln sich in grösseren Mengen an denjenigen Stellen der Oogonien, wo dieselben die Aussenfläche der Hohlkugeln berühren. An dieser Stelle machen nun die Spermatozoiden jene mehrfach beschriebenen Centrumbohrer-ähnlichen Bewegungen, indem sie sich mit dem hyalinen Schnabel an die Oberfläche des Oogoniums festsetzen und das hintere Ende schnell im Kreise herumführen

(Fig. 2). Diese Bewegungen wurden stundenlang beobachtet, ohne dass es gelang, ein Eindringen der Spermatozoiden in die Oogonien zu sehen. Mitunter kam es vor, dass einige Spermatozoiden, der vergeblichen Mühe überdrüssig, nach längerem Bohren davonschwammen.

Die nach erfolgter Befruchtung um die Oosphaere ausgeschiedene Membran spaltet sich in zwei Häute, von denen die innere dem sich bedeutend contrahirenden Inhalte eng anliegt, während die äussere weit bleibt. Der Inhalt der Oosporen färbt sich noch innerhalb der rotirenden Familien braunroth; er ist fast undurchsichtig und enthält zahlreiche kleine Stärkekörner. Endospor und Epispor verdicken sich, bleiben aber beide völlig glatt, das letztere ist farblos, das Endospor nimmt einen gelblichen Farbenton an, ist ziemlich dick und sehr quellungsfähig. Es zeigt an seiner Innenschicht unregelmässig vertheilt einige (1—5) linsenförmige Wärzchen, welche etwas in den Sporeninhalt hineinragen (Fig. 3). Unter Zusatz von Jod und Schwefelsäure tritt weder beim Endospor, noch beim Epispor eine Blaufärbung ein: ersteres färbt sich gelb, letzteres bleibt farblos. Der Zusatz der Schwefelsäure bringt bei längerer Einwirkung bedeutendes Aufquellen beider Sporenhäute hervor; es löst sich sodann erst das Endospor, später das Epispor auf.

Der Durchmesser des Sporen-Inhaltes beträgt 31 —40 μ,
der des Endospors 37 —45 μ,
der des Epispors 48 —63 μ.
Die Dicke der Wand beim Endospor 2,5— 3 μ,
= Epispor 2,5— 3 μ.

Den Eintritt der Färbung der Oosporen kann man mit blossem Auge daran erkennen, dass die rotirenden Familien eine goldgelbe, später eine röthliche Farbe annehmen. Nach einigen Tagen hatten sich Oosporen in grosser Menge als rother, flockiger Absatz auf dem Boden des Culturgefässes niedergelassen, und 3 Wochen nach dem Einsammeln der Alge waren keine rotirenden Familien mehr aufzufinden.

Das die Oosporen enthaltende Gefäss wurde eine Zeit lang noch an freier Luft aufgestellt; erst als Fröste eintraten, brachte man es in ein ungeheiztes Zimmer, in welchem es nie dem directen Sonnenlicht ausgesetzt war. Bei einmal eintretender sehr niederer Temperatur gefror die Oberfläche des Wassers etwa ½ cm tief. Während des December und Januar blieben die Sporen unverändert, in der Mitte des Februar bemerkte ich mit blossem Auge ein leichtes Erbleichen und Verfärben der Oosporen-Haufen.

Dies war das erste Anzeichen ihrer weiteren Entwickelung, die, einmal begonnen, mit Schnelligkeit, aber bei verschiedenen Sporen zu verschiedenen Zeitpunkten vor sich ging. Die erste Vorbereitung zu der beginnenden Veränderung besteht in einem Anschwellen des rothbraunen, körnigen Inhaltes, einem Vorgange, dem durch das elastische und quellbare Endospor kein Hinderniss bereitet wird. Dasselbe verliert seinen gelblichen Schein und quillt entweder überall gleichmässig oder an einem Punkte am stärksten auf (Fig. 3); auch die Wärzchen des Endospors schwellen zu farblosen Halbkugeln an. Das Epispor ist nicht quellbar, daher geht die Wasseraufnahme der inneren Partien nur so lange im Epispor vor sich, bis das Endospor die innere Fläche des ersteren erreicht hat. Dann reisst das Epispor mit einem langen Spalt von der Form eines grössten Kugelkreises derartig auf, dass die zwei halben Hohlkugeln nur noch mit einer schmalen Stelle mit einander im Zusammenhang bleiben (Fig. 4, 16, 18). Der gesammte Inhalt tritt in Kugelform aus dem Riss heraus unter schnellem Aufquellen des Endospors, welches nun als weite farblose Blase das bedeutend weniger voluminöse Protoplasma umgiebt (Fig. 5). Der Raum zwischen der Membran dieser Blase und dem Protoplasma ist mit farbloser Gallerte (den aufgequollenen inneren Schichten des Endospors) angefüllt, welche bei Jodzusatz an ihrer gelben Färbung zu erkennen ist.

An der eingeschlossenen Plasmakugel bemerkt man zunächst eine Differenzirung in der Art, dass an der Oberfläche der Kugel eine hyaline Stelle sich ausbildet (Fig. 5), welche manchmal kegelförmig vorgestülpt ist; diese Stelle mag der vordere, die diametral entgegengesetzte der hintere Pol der Plasmamasse genannt werden. Die Kugel plattet sich an diesen beiden Polen ein wenig ab, und 1½—2 Stunden nach dem Auftreten des hyalinen Fleckes zeigen sich die Anfänge der ersten Theilung (Fig. 6). Zuerst am vorderen, hyalinen, später auch am hinteren Pole, bemerkt man eine Einschnürung, und nach etwa einer Stunde ist die Theilung in der Art vollendet, dass jede der beiden nahezu halbkugeligen Tochterzellen am vorderen Pol wieder eine hyaline Stelle besitzt (Fig. 7. Fig. 8). Dort klaffen die beiden Plasmamassen etwas weiter auseinander, als am hinteren Ende; beide sind von einer gemeinsamen dünnen Gallerthülle umgeben, die sich im Innern der zu Gallerte aufgequollenen Endosporschichten durch eine zarte Linie abgrenzt, und auch bei den späteren Theilungen erhalten bleibt. (Fig. 8, 9.)

Nach weiteren 2 Stunden hat sich jede der beiden Schwesterzellen aufs neue getheilt, und zwar durch eine Ebene, welche senk-

recht auf der ersten Theilungsebene steht und gleichfalls den vorderen und den hinteren Pol trifft (Fig. 9. Fig. 10, 11). Die so entstehenden 4 Zellen zeigen bald nach der Theilung noch jede ein hyalines Ende, weichen an demselben wiederum mehr auseinander, als am Hinterende und verkürzen sich in der Richtung ihrer Längsaxe. Der hyaline Fleck wird allmählich unkenntlich und ist verschwunden, wenn die drittmalige Theilung eintritt.

Schon vorher sind die 4 Zellen derartig auseinander gewichen, dass sie nur am hinteren Ende mit einander verbunden bleiben, am vorderen dagegen klaffen und in der Axe zwischen sich allmählich eine Höhlung ausbilden. Die bei der nächsten Theilung auftretenden Klüfte sind nicht mehr in Beziehung auf die ursprüngliche Kugel orientirt, sondern sie stehen in einer eigenthümlichen Weise schräg in jeder Zelle (Fig. 12). Vom hinteren (fester verbundenen) Ende des Complexes gesehen setzen die Theilungsebenen an der einen Seitenfläche der Mutterzelle an und erscheinen ziemlich parallel der anderen Seitenfläche, wenden sich dieser aber in ihrem weiteren Verlaufe so zu, dass sie dieselbe noch vor dem vorderen Ende der Mutterzelle erreichen. Die beiden Tochterzellen besitzen also ein abgerundetes und ein keiliges Ende, und stehen so schräg über einander, dass die eine mit dem abgerundeten, die andere mit dem keiligen Ende nach dem vorderen Pole des Complexes gewendet ist (Fig. 12. 13). Die keiligen Enden runden sich sehr schnell ab. In den 4 Mutterzellen treten nun diese Zerklüftungen in demselben Sinne auf, indem die Theilungsebene jedesmal an der gleichnamigen Seitenfläche ansetzt und nach der anderen hin verläuft. So entsteht eine Familie von 8 Zellen, von denen 4 (hintere) an dem ursprünglich hinteren Pole in fester Verbindung bleiben, während die 4 anderen (vorderen) tiefer unter dem hinteren Pole stehen und weiter nach dem klaffenden Ende der jungen Familie reichen. Vom hinteren Pole gesehen bieten diese 8 Zellen ein sehr ähnliches Bild, wie es Alexander Braun (Bot. Zeitg. 1875, S. 192) bei der von ihm beobachteten „radförmigen“ Theilung der ungeschlechtlichen Fortpflanzungszellen von *Eudorina elegans* beschrieben und Cohn (Beiträge zur Biologie der Pflanzen, Bd. I, Heft 3, S. 96) von den Parthenogonidien von *Volvox Globator* abgebildet hat. Indessen stehen die oben beschriebenen 8 Zellen nie in einer Ebene angeordnet, sondern bilden mantelförmige oben offene Kappen, an denen man die Anfänge der Gruppirung zu einer Hohlkugel bereits deutlich erkennt.

Diese 8 Zellen schlüpfen aber nicht, wie Cienkowski früher

vermuthet hatte, als selbstbewegliche Schwärmer aus dem Endospor, sondern sie erleiden noch weitere Theilungen. Dieselben gehen nur noch in 2 sich kreuzenden Richtungen vor sich, ohne dass dabei eine Massenzunahme des gesammten Protoplasmas eintritt (Fig. 14. 15. 16). Die einzelnen Zellen jeder späteren Generation werden vielmehr immer kleiner und dünner; sie zeigen eine polygonale Gestalt und bilden eine im Verhältniss zu der sich erweiternden centralen Höhlung immer weniger mächtige Aussenschicht. Ungefähr innerhalb 2 Stunden haben sich die Zellen immer wieder aufs neue getheilt.

Etwa neun Serien von Theilungen scheinen in der Regel auf einander zu folgen, bis dieselben aufhören und eine junge, zum Schwärmen bereite hohlkugelige Familie ausgebildet ist; wenigstens berechnete ich in zwei Fällen die Anzahl der Zellen solcher fertiger Familien auf einige über 500 ($2^9 = 512$).

Bei jeder folgenden Theilung rücken die um den vorderen Pol stehenden und die daselbst befindliche Lücke umgebenden Zellen näher an einander; doch ist noch sehr lange, in einigen Fällen an bereits frei beweglichen Familien der ursprünglich vordere Pol des Zellkörpers daran zu erkennen, dass einige Zellen der Familie nicht völlig zusammenschliessen, sondern einen bald kleinen, bald auffällig grossen Zwischenraum zwischen sich lassen (Fig. 14. 15. 16. 17. 18. 19).

Bis zum Aufhören der Theilungen sind die Zellen (mit Ausnahme derer am vorderen Pole) dicht an einander gedrängt; alle besitzen den braunroth gefärbten körnigen Inhalt, der die Oospore charakterisirte. Nach Beendigung der Theilungen tritt eine allmähliche Umfärbung in grün ein, während zugleich die Körner im Plasma zum Theil verschwinden. In einem Zustand, wo die Umfärbung noch nicht völlig durchgeführt ist, und die jungen Familien olivenfarbig aussehen (Fig. 20), entwickeln die einzelnen Zellen ihre Cilien. Dieselben entstehen nicht als lokale Verdickungen der Hautschicht, um sich später von derselben abzulösen, wie es Dodel-Port für die Schwärmzellen von *Ulothrix zonata* beschrieben hat (Pringsheims Jahrbücher, Bd. X, S. 417), sondern sie wachsen von dem nach aussen gerichteten kuppelförmigen Scheitel jeder Zelle allmählich in die Länge. Ich fand Zustände, wo die bereits nach aussen gerichteten Cilien eine Länge von 3,5 — 4,8 μ hatten, und noch keine Bewegung besassen; später solche Cilien, die 8 μ lang waren und sich langsam peitschend bewegten, indem ihr oberes Ende sich langsam bis auf die Gallerthülle der Familie herunterbog

und dann wieder in die Höhe schnellte. Dadurch dass bei den benachbarten Zellen diese Cilienbewegungen noch ohne bestimmte Ordnung vor sich gehen, werden unsichere, drehende Bewegungen der jungen eingeschlossenen Familien hervorgebracht. An noch sehr jungen, aber bereits sich frei bewegenden Familien mass ich Cilien von 13 μ Länge. Aus der Thatsache, dass an älteren, weiter entwickelten Familien die Cilien länger sind, als an solchen, deren Entwickelung noch etwas zurück ist, wird man schliessen dürfen, dass die Cilien aus dem Plasma der Zelle am Scheitel hervorgeschoben werden.

Die ausgesprochene Grünfärbung der einzelnen Zellen geht noch innerhalb des erweiterten Endospors vor sich. Zum freien Umherschwärmen ist die Familie bereit, wenn sich im Inhalt der Zellen nur noch einige wenige Körnchen vorfinden, im Plasma sich ein rother Augenfleck gebildet hat, und die Zellen selbst ihre Ecken abgerundet haben. Doch kommt es auch vor, dass man frei schwimmende Familien erblickt, deren Zellen eine von oben gesehen 5—6eckige Gestalt besitzen. Die Form der ganzen Familie ist nicht immer kugelrund, sondern häufig eiförmig. In diesem Zustande beträgt der Durchmesser der Familien 65—75 μ, der der einzelnen Zellen 4—4,5 μ.

Der Austritt der Familie aus dem dieselbe umschliessenden Endospor wird dadurch zu Wege gebracht, dass das letztere unter fortgesetztem Aufquellen seiner inneren Schichten sich endlich ganz auflöst. Noch scheint aber die Familie eine Zeit lang von einer weiten Hülle zarter Gallerte umgeben zu sein, denn man sieht zwar die Cilien lebhaft peitschen, die Familie auch rollende Bewegungen ausführen, aber eine deutliche Ortsveränderung erfolgt erst später, wahrscheinlich nach dem völligen Zerfliessen der optisch nicht mehr nachweisbaren Gallerte. Nun sind die jungen Familien nur noch von der consistenten, bei der ersten Theilung des Sporeninhaltes aufgetretenen Gallertmembran umschlossen und rollen in lebhafter Bewegung in der Richtung nach der Lichtquelle fort.

Bald nach dem Freiwerden runden sich die einzelnen Zellen ab, wenn dies nicht bereits vorher geschehen ist, und rücken weiter auseinander, indem die sie trennende Gallertschicht sich erweitert. Bereits ehe dies Auseinanderrücken und die Abrundung beendet sind, lassen sich zwischen den vegetativen Zellen einzelne von anfangs sechseckiger Gestalt und bedeutenderer Grösse wahrnehmen, die einen helleren Inhalt besitzen, weiter ins Innere der Hohlkugel hineinragen, und sich später ebenfalls abrunden; sie zeichnen sich

vor den übrigen Zellen auch dadurch aus, dass sie keine Cilien besitzen. Wahrscheinlich sind es diejenigen Zellen, die sich später zu Parthenogonidien ausbilden, doch wurde ihre weitere Entwickelung noch nicht beobachtet.

Familien, bei denen die vegetativen Zellen bereits abgerundet und aus einander gerückt waren, und welche bereits abgerundete junge Parthenogonidien (meist 3) zeigten, hatten einen Durchmesser von 100—120 μ, die vegetativen Zellen einen solchen von 5 μ, die grösseren Zellen von 10—12 μ.

Hohenheim, den 27. Februar 1879.

Figuren-Erklärung.

Taf. VI. **Volvox minor** Stein.

Alle Vergrösserungen 1 : 380.

Die Figuren sind sämmtlich mit der Camera lucida entworfen.

Fig. 1a. Ein Stück aus einer geschlechtsreifen Familie mit einem Antheridium,
b. ein Antheridium, isolirt von unten,
c. Spermatozoiden,
d. Sperm. stärker vergrössert 1 : 1000.

Fig. 2. Befruchtung; Spermatozoiden heften sich an die Oosphaere.

Fig. 3. Reife Oospore, Quellung des Endospors beginnt.

Fig. 4. Beginnende Zerreissung des Epispors.

Fig. 5. Zerreissung des Epispors, Aufquellen des Endospors, Sporeninhalt noch ungetheilt, hyaline Stelle am vordern Pol gebildet.

Fig. 6. Beginn der Theilung des Sporeninhalts (3 Stunden später als Fig. 5).

Fig. 7. Vollendete Zweitheilung des Sporeninhalts ($1^3/_4$ Stunden später als Fig. 6).

Fig. 8. Das getheilte Sporenplasma ist bereits von einer Gallerthülle umgeben.

Fig. 9. Weitere Entwickelung der Oospore; Viertheilung des Inhalts; die vier Zellen vom Rücken gesehen (2 Stunden später als Fig. 7).

Fig. 10. Dieselben von der Seite gesehen.

Fig. 11. Dieselben von unten gesehen.

Fig. 12. 8zelliger Complex von hinten,

Fig. 13. derselbe vom vordern Pole gesehen; die Buchstaben bezeichnen in beiden Figuren die nämlichen Zellen.

Fig. 14. 16zelliger Complex vom vorderen Pole gesehen.

Fig. 15. Derselbe vom hinteren Pole gesehen.

Fig. 16. Eine Spore mit 16zelligem Complex, das Epispor haftet noch am Endospor.

Fig. 17. Sporeninhalt in 64 (?) Partien zerklüftet, in der Mitte noch eine kleine Lücke, dem vorderen Pole entsprechend.

Fig. 18. Ovale, aus über 100 Zellen bestehende junge Familie.

Fig. 19. Junge Familie, die eine ausnahmsweise grosse Lücke zeigt.

Fig. 20. Jugendliche, noch bräunlichgrün gefärbte Familie, innerhalb des Endospors bereits beweglich.



Untersuchungen über Bacterien.

VII.

Versuche über die Infection mit Micrococcus prodigiosus.

Von

Dr. A. Wernich,

Universitätsdocenten in Berlin.

1. Als ich Anfangs März d. J. das pflanzenphysiologische Institut in Breslau aufsuchte, um während der Ferienwochen unter der Leitung des Herrn Prof. Ferd. Cohn mir einige Uebung im Experimentiren mit Bacterien anzueignen, wollte ein günstiger Zufall, dass im Institut reiches Material zur Anlage von Culturen des *Micrococcus prodigiosus* Cohn (*Monas prod.* Ehrbg.) vorhanden war. Herr Prof. Cohn stellte — mit Hinweis auf die ausserordentlichen Vortheile, welche grade dieser Organismus Untersuchungen über Art und Weise der Infectionen gewähren könnte — mir dasselbe zur Disposition und schlug mir die im Wesentlichen nachstehend benutzte Methode der Untersuchung vor, bei deren Ausführung mich auch Herr Dr. Eidam freundlichst unterstützte.

Vor zehn Jahren hat J. Schröter mit gleichem Material systematische Versuche angestellt und dieselben in diesen Beiträgen (Bd. I. Heft II. 109) veröffentlicht. Seine Arbeiten fassten vornehmlich die chromogene Eigenschaft des *Micrococcus* in's Auge, geben aber auch für die Auffassung seiner Lebensbedingungen einige werthvolle Anhaltspunkte. Mir war es um die Beantwortung folgender Fragen zu thun:

1. Auf welche Weise findet bei *M. prodigiosus* die Uebertragung der Keime statt?
2. Durch welche Mittel und Vorkehrungen werden die Keime zerstört oder die Folgen der absichtlichen Uebertragung aufgehoben?

Es handelte sich, mit anderen Worten, um den Modus der Infection und um die Vernichtung der inficirenden Keime. Einige Vorversuche über die allgemeinen Eigenschaften des *Micrococcus prod.* und über die Auswahl des vortheilhaftesten Nährbodens mögen als Einleitung dienen.

2. Trägt man einen kleinsten Theil des rothen Schleimes einer älteren Micrococcuscultur in der Art auf die Fläche eines neuen Nährbodens auf, dass man durch sorgfältiges Verstreichen die röthliche Färbung fast unsichtbar macht, so zeigt die neu inficirte Fläche bei einer Zimmertemperatur von 18° C. in den ersten 12 Stunden keine mit blossem Auge sichtbare Veränderung. Das früheste Zeichen der gelungenen Ueberimpfung konnte ich 15 Stunden nach dem Zeitpunkte derselben mittelst Loupe auf der sehr glatten und reinen Oberfläche einer gekochten Kartoffel entdecken. Nach 24 — 30 Stunden treten an vielen Stellen gleichzeitig äusserst kleine (0,3—0,5 mm grosse) rosenrothe oder etwas hellere Tröpfchen auf, die bis zur Grösse von 3 — 4 mm anwachsen, dann zusammenfliessen und im Verlauf von 60—72 Stunden durch immer noch nachschiessende Tröpfchen zu einem continuirlichen Ueberzuge der ernährenden Fläche umgewandelt werden [1]). Farbennüance, Dicke, Unregelmässigkeiten in der Entwicklung desselben hängen von einer Reihe äusserer Momente ab, von denen wenigstens einige mit solcher Regelmässigkeit auftreten, dass sie bei Besprechung der einzelnen Nährmaterialien erwähnt werden sollen.

Das Mikroskop löst mittelst starker Vergrösserungen (Hartn. J. XII.) den rothen Schleim in unzählige, ganz dicht zusammenliegende, sphäroellipsoidische Körperchen auf, welche chagrinartig den röthlichen Schleimtropfen erfüllen. Die Körperchen sind alle vollkommen gleich gross und gleich geformt und zeigen keinerlei Bewegungen. Die schon von Schröter ausgesprochene Vermuthung, dass die Körperchen selbst nicht die Träger der rothen Färbung seien, dass vielmehr das Pigment nur in den sie umgebenden Schleim secernirt sei, theile ich vollkommen, obgleich ihr Beweis auf einige Schwierigkeiten stösst. Macht man durch die Grenze des Kartoffelnährbodens und der aufgetrockneten Micrococcuswucherung einen mikroskopischen Schnitt, so zeigt sich, wie an der Oberfläche die Körperchen massig in deutlich gefärbten Wolken aneinander liegen. Sie dringen aber auch in ihren Nährboden ein: Micrococcus-Häufchen umlagern netzartig die Kartoffelzellen, indem sie in der durch das Kochen aufgeweichten Intercellularsubstanz bis zu deren

[1]) Im Sommer bei einer Zimmertemperatur von 22—27° C. sind die Nährflächen (Kartoffelscheiben) schon nach 20 Stunden gleichmässig mit rothem Ueberzuge bedeckt. Cohn.

vierter und fünfter Schicht sich entwickeln. Diese tief eingedrungenen Micrococcenhäufchen erschienen stets farblos; doch liess sich nicht mit Sicherheit entscheiden, ob die Färbung wegen der geringeren Mächtigkeit der Schicht unkenntlich wurde, oder ob wirklich die von der Luft abgeschlossenen, ins Innere der Kartoffel vorgedrungenen Massen einer röthlichen Farbe entbehrten. — Ein gewisses Interesse gewährten derartige Durchschnitte noch gleichzeitig durch die Aehnlichkeit unserer Micrococcen und ihres Verhaltens zur Kartoffelsubstanz mit in die tieferen Gewebsschichten der Schleimhaut vordringenden Diphtheriekeimen.

3. Der *Micrococcus prodigiosus* greift seinen Nährboden in sehr energischer Weise an; auf vorwiegend amylumhaltigen Substanzen wie auf eiweiss- und kleberhaltigen Materialien vegetirend erzeugt er den charakteristischen Geruch, welcher seine Bildung stets begleitet: den sehr prägnanten und unverkennbaren, von Cohn auch durch Salzsäure-Reaction constatirten Trimethylamingeruch. Erst wenn nach einer Entwicklung von 100—120 Stunden *Bacterium Termo* den *Micrococcus prod.* verdrängt und die Nährfläche mit einer oft 2—3 mm dicken Schicht gelblicher Schmiere überdeckt, so dass die rothe Färbung bis auf Spuren verschwindet, stellt sich auch Seitens dieser Substanzen ein starker Fäulnissgeruch ein. — Der Farbstoff liefert, wenn man trockne oder feuchte mit *Micrococcus prod.* bedeckte Kartoffelscheiben durch Alkohol extrahirt, eine schön carmin- bis rubinrothe Tinktur, deren charakteristische Eigenschaften von Schröter in der bereits angeführten Arbeit erschöpfend dargelegt sind. Auf besonders üppigen und reinen Culturen des *M. prodigiosus*, wenn derselbe in dichter gleichmässiger Schicht die ganze Oberfläche des Substrats überdeckt, zeigt er eine andere merkwürdige Eigenschaft, auf welche mich Dr. Eidam zuerst aufmerksam machte. Sie besteht in einem grüngoldenen metallischen Glanz der dunkelblutrothen Culturen, der sehr intensiv sein kann, mit dem Schimmer aufgetrockneten Fuchsins die grösste Aehnlichkeit zeigt, von mir nur auf Kartoffeln erzielt wurde und noch nicht beschrieben worden ist.

4. Um einen für die eigentlichen Versuche besonders geeigneten Nährboden zu ermitteln, wurden die Vorversuche 1—22 angestellt, in welchen absichtliche Uebertragungen gut gelungener Culturen auf feuchtes Filtrirpapier, Collodium, feuchte Watte, Stärkekleister, Reisbrei, Kartoffeln in verschiedenem Zustande, Mohrrüben in verschiedenem Zustande, Eiweiss und Eigelb ausgeübt wurden. Die Entwicklung fand im Brutofen bei 30—35 °C. statt.

Die Uebertragungsversuche auf die drei zuerst genannten Medien,

sowie auf bloss in kaltem Wasser aufgequollenen Reis, auf rohe Kartoffeln, auf rohe Mohrrüben, auf ungekochte Eibestandtheile schlugen constant und ohne Ausnahme fehl.

Stärkekleister nahm die Infection an und zeigte nach 30 bis 36 Stunden einen sehr dünnen carmoisinrothen Ueberzug, der sich hier und da zu etwas dunkler gefärbten Streifen verdichtete. Eine im Laufe der nächsten 24 Stunden stattfindende Verbreitung bestand nur in einem geringen Saum, dessen Ränder ebenfalls etwas dunkler gefärbt erschienen. Nach 72 Stunden hatte der Kleister meistens bereits den charakteristischen sauren Geruch angenommen und die Micrococcus-Entwicklung stand vollkommen still, war auch durch Zusatz erprobter Bacterien-Nährlösung (saures phosphors. Kali, schwefels. Magnesia āā 1,0 — neutrales weinsteinsaures Ammoniak 2,0 — Chlorcalcium 0,1 — Aq. destill. 200,0) nicht wieder zu erwecken.

Reisbrei erschien bereits nach 30 Stunden deutlich inficirt. Der rothe Ueberzug, der wie bei Stärke eine karmoisin- oder pfirsichblüthfarbene hellere Nüance zeigte, umwuchs die einzeln aus dem Brei ragenden Reiskörner und nahm auf den unteren Flächen derselben einen etwas dunkleren Farbenton an. Die Ausbreitung in die Fläche schien auch hier (vielleicht durch Austrocknung) beschränkt; das Uebergiessen mit der angeführten Nährlösung führte jedoch noch am fünften Tage eine weitere Ausbreitung herbei. Der sich entwickelnde Geruch muss als Modergeruch bezeichnet werden; er ist wohl der Entwicklung anderer Organismen zuzuschreiben.

Eiweiss und Eigelb werden in rohem Zustande von *Micrococcus prod.* nicht angesteckt. Gekocht nehmen sie ihn begierig an und zeigen schon nach 24 Stunden grössere blutrothe Tropfen, die stark über die Oberflächen emporragen. Im Eigelb dringen die Keime in die Tiefe vor soweit die Substanz noch gelockert ist; auf der Fläche des Eiweisses trat bereits im Lauf der nächsten 24 Stunden eine Degeneration der Culturen ein, indem dieselben sich mit einem sehr feuchten, nur noch schwach röthlichen Hof umgaben, welcher ein unzuverlässiges Impfmaterial lieferte: Zwei Drittel der mit demselben versuchten Kartoffel-Infectionen schlugen fehl. Mit der fortschreitenden Verwässerung der auf Eiern angestellten Culturen schlug auch der Anfangs deutliche Trimethylamingeruch in einen (schwachen) Fäulnissgeruch um.

Mohrrübenschnitte sind ungekocht gegen *Micrococcus prod.* immun. Gekocht entwickeln sie ihn innerhalb 24 Stunden in Gestalt eines röthlichen glasigen Schleimes, der die ganzen Oberflächen überzieht und ein sehr schönes Impfmaterial liefert. Die mit demselben

auf Kartoffeln angestellten Culturen zeigten ausnahmslos den oben beschriebenen merkwürdigen Metallglanz. Auf den Mohrrübenculturen selbst entwickelt er sich nie; dieselben gingen übrigens sehr schnell zu Grunde und verloren bereits am vierten Tage ihre Uebertragungsfähigkeit.

Kartoffeln. Die auffallende Thatsache, dass nur die gekochte Kartoffel die Micrococcus-Infection bereitwillig annimmt, die rohe dagegen sich absolut abweichend verhält, veranlasste mich zu einer grösseren Anzahl von vergleichenden Versuchen, die durch die leichte Beschaffung und Handhabung grade dieses Materials besonders gefördert wurden. Von befreundeter Seite darauf hingewiesen, dass die rohe Kartoffel vielleicht einen hindernden Säuregehalt habe *(acid. hydrochlor.?)*, stellte ich zunächst die Reaction beider Zustände als eine schwach saure fest. Mehrstündiges Einlegen roher Kartoffeln in schwache und starke Lösungen von *Natr. carb.* machte dieselben zur Annahme der Infection nicht willfähriger. Kochen in starkem Essig zerstörte die Disposition der weichgekochten nicht im Geringsten, während allerdings Einlegen in Salzsäure ihre Eigenschaft als Nährboden für unseren Micrococcus aufhebt. Wurden mehrere Kartoffelschnitte in starker Natr. sulf.-Lösung, andere in Essig gekocht, so zeigte sich nach der Infection in der Entwicklung und im Gedeihen der Culturen nicht der geringste Unterschied; — ich muss also die Frage, „ob die Imprägnation mit alkalischen oder sauren Flüssigkeiten (abgesehen von der energischen Einwirkung concentrirter Säuren) die Disposition des Kartoffelnährbodens wesentlich alterire,“ — verneinen. Schon Schröter weist auf die Analogie hin, welche das Verhalten der Kartoffelnährfläche mit dem verschiedenen Widerstande darbietet, welchen die menschlichen Schleimhautflächen inficirenden Keimen entgegensetzen; es ist zur Weiterverbreitung, zum Wachsthum und zur Vermehrung derselben nicht blos eine Nährsubstanz nöthig, sondern dieselbe muss sich auch in einem besonders prädisponirten Zustande befinden. *Micrococcus prodigiosus* ist eben kein Parasit, sondern ein Saprophyt; er vermag wie alle saprophytischen Pilze den Widerstand lebender Gewebe nicht zu überwinden, und bedarf neben der Quellung, Lockerung und theilweisen Auflösung der Intercellularsubstanz auch der Abtödtung der Zellen, um sich anzusiedeln. —

Die gekochte und wieder abgekühlte Kartoffel bietet in ihrer Schnittfläche den sichersten und bestdisponirten Boden für die Weiterverbreitung unseres Micrococcus dar; an ihr wurden demnach die weiteren Versuchsreihen ausnahmslos angestellt.

II. Auf welche Weise findet die Uebertragung der Keime von Micrococcus prodigiosus statt?

5. Es ist weit weniger Sorgfalt nöthig, die Impfung auszuführen, als sie zu vermeiden. Wer mit *Micrococcus prod.* arbeitet, impft unabsichtlich alle disponirten Körper, mit denen er in Berührung kommt. Keine der gewöhnlichen Vorsichtsmassregeln ist hier ausreichend; ich sehe von so groben Versuchsfehlern ab, etwa Messer, die man gereinigt zu haben glaubt, zur Herstellung der Schnittflächen zu benutzen; Gefässe anzuwenden, die nach der Entfernung vorheriger Culturen einfach ausgespült wurden; mit den eigenen noch so sorgfältig gewaschenen Händen die herzustellenden Versuchsobjecte zu berühren: unabsichtliche Aussaaten von Micrococcuskeimen sind die unausbleiblichen Folgen so grober Vernachlässigungen. Aber auch die Fläche des Arbeitstisches, ein neuer Draht, (den man im ungeglühten Zustande zur Herstellung der Schnittfläche benutzen will), das Handtuch, mit welchem man in naiver Fürsorge die zu schneidende Kartoffel fasst, kann verunreinigt sein und durch eine der Aufmerksamkeit entgangene vorherige Berührung verschleppte Keime aufgenommen haben. Kurz — nach einiger Zeit des Arbeitens mit diesen exquisit contagiösen Keimen sieht man sich in der Lage, ein System raffinirtester Cautelen auszudenken, durch deren unablässig eingedenke Anwendung es allein möglich ist, micrococcusfreie Kartoffelschnitte zu erhalten. Dann erst enthüllt sich die durch die fortwährenden Infectionen aller in einem Institut ausgestellten disponirten Materialien entstandene Vermuthung, dass die Verschleppung der Keime ohne weiteres durch die Luft stattgefunden habe, als ein Irrthum, und die Annahme gewinnt an Wahrscheinlichkeit, dass die Epidemien von *Micrococcus prodigiosus,* wie sie in Häusern, Instituten, Strassen, kleinen Orten zuweilen die aufgestellten Speisereste — Kartoffelgerichte, Eiersalate, gekochtes Fleisch, Mehlspeisen und andere breiartige Substanzen — überfallen haben, auf unbeachtete Berührungen, auf Verschleppung zurückzuführen seien. Mit anerkennenswerther Vorsicht äussert sich Schröter über die von ihm beobachteten derartigen Vorgänge: Von einer dem pflanzenphysiologischen Institut im Herbst 1868 eingelieferten, an ihrer ganzen Fläche rothgewordenen Kartoffel wurde 6 Wochen später das Material zu Culturen entnommen, die den ganzen Winter hindurch fortgeführt wurden. „Hierdurch schienen sich reichliche Keime in den Institutsräumen verbreitet zu haben, denn in der Folge bedurfte es nur des Auslegens von Nährsubstanz, um ziemlich sicher zu sein, das Auftreten von rother Färbung in kleinen Theilchen zu er-

halten, die dann beliebig vermehrt werden konnten. Nachdem in den letzten Jahren die absichtlichen Culturen eingestellt worden sind, scheinen sich die Keime ganz verloren zu haben." Für die Frage nach der Verbreitung inficirender Keime durch die Luft schien mir eine relativ vollständige Feststellung des Verbreitungsmodus, dem unser *Micrococcus* unterworfen ist, so wichtig zu sein, dass ich die folgenden 28 Experimente ausschliesslich dieser Untersuchung widmete. Es dürfte eben kaum einen Organismus geben, dessen Ueberpflanzung — wenn gelungen — sich so prägnant und zweifellos documentirt, wie dies beim *Micrococcus prod.* der Fall ist. Die Untersuchung eines einzigen Krankheitsgiftes, welches in gleicher Reinheit und Sicherheit die Spuren seiner Weiterverbreitung verfolgen liesse, würde über die Fragen „Miasma oder Contagion" manche Aufklärung verschaffen.

6. Die Voraufgabe, nicht da zu inficiren, wo man nicht inficiren wollte, wurde auf folgende Weise gelöst. Die 15 Minuten gekochte Kartoffel wurde aus dem siedenden Wasser mit einer geglühten Zange herausgenommen, auf ein reines erhitztes[1]) Becherglas gelegt, mit erhitzter Watte umstopft, um fest zu stehen und dann mit einem neuen geglühten Draht durchschnitten; der zum Versuch dienende Theil fiel, ohne dass auch nur seine Schale berührt worden wäre, nach Entfernung der erhitzten Watte mittelst geglühter Zange von selbst in das Becherglas hinab. Auch dieses letztere wurde beim Schneiden nicht mit den Händen direct, sondern nur, nachdem sie mit erhitzter Watte armirt worden waren, berührt. Auf diese Weise gelang es, Kartoffelscheiben zu erhalten, die bei Brutwärme von jeder unbeabsichtigten Cultur ausnahmslos frei blieben; an ihnen liessen sich die Fragen nach der Wirkung des Contactes und nach etwaiger Infection durch die Luft lösen.

7. Contact. Feuchte Beschaffenheit und Reibung der gegenseitigen Flächen sind für die Uebertragung des *Micrococcus* von einem inficirten auf ein neues Kartoffelstück Bedingung. Während auf einer ausgetrockneten Fläche auch das Bestreichen mit feuchter Impfmasse keine Wirkung erzielte, erfolgte, wenn man eine alte Micrococcencultur mit einem normal feuchten Stücke zusammenlegte, die Uebertragung auch durch die minimalen Reibungen,

---

[1]) Wenn mehrfach vom Erhitzen verschiedener Gegenstände — Bechergläser, Watte etc. — die Rede ist, so wird darunter ein 10—15 Min. langer Aufenthalt dieser Gegenstände im Gasofen bei einer Temperatur von 130—150^{0} C. verstanden; Zangen und Drähte wurden in der Gasflamme geglüht.

welche in einem begangenen Zimmer stets unvermeidlich sind; die frischgeschnittene Kartoffel gab am Berührungspunkte genügende Feuchtigkeit ab, um den entsprechenden Theil des eingetrockneten Micrococcus-Ueberzuges aufzuweichen. Die so erzielten Inficirungen waren jedoch beschränkt und unkräftig. Sehr üppig wurden sie, wenn man die Stücke mehrere Male an einander rieb; ausreichend für die contagiöse Uebertragung auch das Wischen und Reiben der frischen Kartoffelstücke auf den Glas- und Tischplatten, auf welchen mit Micrococcus-Material gearbeitet worden war. Instructiv war für diese Art der Infection die Fläche einer Kartoffel, welche, auf dem Arbeitstisch mit der Fläche gewischt, alle die Organismen in gleichzeitigen Culturen zeigte, welche im Verlauf derartiger Arbeiten aufzutreten pflegen [1]).

Um die verschiedenen Arten des Contactes noch näher zu vergleichen, wurden drei Versuchsreihen angestellt, welche die Zufälligkeiten der unbeabsichtigten Infection darthun sollten. An drei Arbeitsplätzen, an welchen mehrere Tage mit Micrococcus-Material stark manipulirt worden war, wurden je drei in oben beschriebener Art infectionsfrei vorbereitete Kartoffelflächen in Bechergläsern aufgestellt: die erste auf der Platte des Arbeitstisches einige Male leicht angewischt — die zweite mit einem Glasdeckel geschützt, auf dessen untere Fläche Micrococcus-Impfschleim aufgetrocknet war, — die dritte nur der Berührung mit der Luft ausgesetzt und vor Vertrocknung durch eine Wasserschicht (*Aq. dest.* — vorher gekocht) am Boden des Glases geschützt. Die gewischten Kartoffeln zeigten sämmtlich nach 30—36 Stunden das Aufgehen punktförmiger Culturen auch bei gewöhnlicher Stubenwärme, die mit dem beschmierten Deckel versehenen blieben bei dieser Temperatur frei; im Wärmekasten jedoch, wo sich der aufsteigende Wasserdampf an der Glasfläche zu Tropfen verdichtete, weichten diese Tröpfchen die Impfmasse auf und bewirkten minimale aber deutliche Infection (wie sich aus dem Verhalten des *Micrococcus* zum Wasser zeigen wird, mussten die Tröpfchen herabfallen, bevor die Keime zur Auflösung im Wasser gebracht waren). — Dagegen blieben die der Laboratorium-Luft ausgesetzten Flächen absolut frei. Auch die zahlreichen, in dem den Micrococcen-Culturen dienenden Brutofen aufgestellten Nährflächen wurden durch die Luft desselben nicht inficirt.

---

[1]) *Micrococcus prodigiosus*, *Micr. candidus*, *Micr. aurantiacus*, *Penicillium glaucum* und *Bacterium Termo*.

8. Luftübertragung. Die den gewöhnlichen Bewegungsmomenten unterworfene Luft übertrug also die in ihr möglicherweise befindlichen Keime nicht. Es musste, um dieser Thatsache eine Erklärung hinzufügen zu können, vor Allem ermittelt werden, ob eine Luft, welcher direct Keime in grösserer Masse dargeboten wurden, positivere Resultate herbeizuführen im Stande wäre — und ob es etwa nur stärkerer Luftbewegung bedürfe, um die in der Zimmerluft vermutheten Keime zu einem wirksamen Contact mit der exponirten Nährfläche zu bringen.

Für die hierauf gerichteten 23 Versuche erwies sich die Arzberger-Zulkowskysche Wasserstrahl-Luftpumpe von Böhme[1]) in Brünn vorzüglich brauchbar. Mit dem Zuleitungsrohr an den Hahn einer Wasserleitung angeschraubt bewirkt dieselbe in dem Luftsaugerohr einen beträchtlichen negativen Druck und saugt eine Quantität Luft ein, deren Volumen man an dem aus dem dritten, dem Ausflussrohr wieder abströmenden Wasser direct messen kann. Der Wasserstrom wurde durchschnittlich so stark gewählt, dass in 10 Sec. 0,5 Liter Luft, also in einer Stunde 180 Liter Luft durch den Apparat gesogen wurden. Das Luftzuleitungsrohr wurde durch eine Glasgabel doublirt, so dass an jedes Zweigrohr derselben Apparate, welche von der aspirirten Luft durchströmt werden sollten, befestigt werden konnten. Diese Apparate waren, in unserem Falle, Systeme von mehreren cylindrischen Gläsern (I. II. III.), durch deren festschliessende Gummipfropfen Glasrohre traten, welche das Durchtreten der Luft durch die einzelnen Cylinder vermittelten. Das Glasrohr des am meisten von der Luftpumpe entfernten Cylinders (I.) mündete, gegen das Eindringen fremder Keime am äusseren Ende durch einen Wattebausch geschützt, in den Luftraum des Zimmers, das andere Ende reichte bis auf den Boden dieses „hinteren“ Cylinders (I.). Dicht unter dem Verschluss des letzteren begann ein zweites Glasrohr, welches, zweimal rechtwinklig gebogen, schliesslich in den zweiten „vorderen“ Cylinder (II.) hinüber leitete, und zwar auf den Boden desselben. Wenn es im Gange der Versuche lag, konnte diesem Cylinder mittelst einer gleichen Vorrichtung nun noch ein dritter (III.) angefügt werden; meistens ging sein unter dem Pfropf ansetzendes Ausgangsrohr in einen Zweig der Glasgabel über. So passirte der Luftstrom gleichzeitig zwei resp. drei jener Glascylinder, indem er stets den Boden des äussersten derselben (I.) zuerst erreichte, ihn durch das Ausgangsrohr

[1]) Vergleiche die folgende Abhandlung p. 121.

verliess, auf den Boden des vorderen (II.), resp. vordersten Glases (III.) geleitet wurde und auf diese Weise alle in den Gläsern ihm exponirten Gegenstände scharf bestrich. Die hinteren Cylinder (I.) wurden mit Infectionsmaterial, die vorderen (II.) mit infectionsfähigen gekochten Kartoffelstücken gefüllt. Es braucht wohl kaum bemerkt zu werden, dass die Präparation und Aufstellung des zu inficirenden Materials unter aller erdenklichen Sorgfalt unter den beschriebenen Cautelen erfolgte, und dass der regelrechte Gang des Luftstroms durch zeitweilig am hintersten Ende des Systems angefügte Wassercylinder controlirt wurde.

9. a) *Bewirkt der über feuchte stark entwickelte Micrococcusculturen geleitete Luftstrom Keimübertragung auf vorgelegte Nährflächen?* - Zur Entscheidung dieser Frage wurden in 7 Versuchen in den hinteren Cylindern (I.) ausgebildete ganz mit rothem Schleim überdeckte Kartoffelstücke, im vorderen intakte Scheiben gekochter Kartoffel angebracht und der Luftpumpenapparat 2½—8 Stunden lang in Thätigkeit gesetzt. Auf dem Inhalt von 6 (vorderen) Gläsern, welche intaktes Material enthalten hatten, fanden sich rothe Pünktchen in verschiedener Zahl — drei, vier bis acht, — welche grösstentheils an den unteren, dem vom Boden aufsteigenden zugeleiteten Luftstrom zugekehrten Flächen der Kartoffelscheiben sassen. In einem nur auf 2½ Stunden ausgedehnten Versuche liessen sich auf den Scheiben des vorderen Glases rothe Pünktchen schlechterdings nicht auffinden.

10. b) *Ist ein starker Luftstrom im Stande, von einer Monate lang eingetrockneten Cultur Partikeln mit sich fortzureissen?* — Bei drei Versuchen, in welchen sich der Luftpumpe zunächst Gläser mit empfänglichem Material, hinter jedem derselben ein Cylinder mit alten fest zusammengetrockneten Kartoffelscheiben, auf deren Fläche Micrococcus-Culturen eingetrocknet waren, befanden, blieben die vom Luftstrom bestrichenen frischen Stücke vollkommen — auch nach 4—5tägigem Aufenthalt im Brutofen — von rothen Pünktchen frei.

11. c) *Kommt eine Infection zu Stande, wenn der ansteckende Stoff in Pulverform dem Luftstrom dargeboten wird?* — Es wurde in vier Versuchen der Boden des hinteren Cylinders mit einer 2—3 mm hohen Schicht abgeraspelten Pulvers von einer getrockneten Culturfläche überdeckt, der vordere Cylinder in gewohnter Weise mit Kartoffelstücken gefüllt, nach 3—5stündiger Thätigkeit des Apparats die zu inficirenden Gefässe in den Brutofen gebracht. Hier zeigten sich schon nach 15—18 Stunden auf den exponirt gewesenen Nährflächen einzelne rothe Pünktchen, und wuchsen auf zwanzig und

mehr an. Sie sassen, wie bemerkt zu werden verdient, meistens auf der dem Verschluss des Glases zugekehrten oberen Fläche der Scheiben.

12. d) *Ist eine continuirliche Feuchterhaltung der durchgesaugten Luft im Stande, das Ablösen inficirender Keime von frischen (einen Schleimüberzug bildenden) Micrococcus-Culturen vollständig zu hindern?* — Die zur Lösung dieser Frage unternommenen Versuche wurden so angestellt, dass am entferntesten von der Luftpumpe zwei mit Wasser gefüllte Cylinder Platz fanden, durch welche der Luftstrom also zuerst hindurchtrat. Jedem Wassercylinder schloss sich ein, mit feuchter Micrococcusschicht überdeckte Kartoffelstücke enthaltender Cylinder an und diesem war je ein in gewohnter Weise mit disponirtem Material gefülltes Gefäss vorgesetzt. Das Ergebniss der so angeordneten drei Versuche war nicht ganz leicht zu ermitteln, bei einfacher Besichtigung nach 42—70stündigem Aufenthalt im Brutofen erschienen die exponirten Stücke unverändert. Erst nach sehr genauer Durchmusterung jeder einzelnen Fläche liessen sich in jedem Cylinderinhalt 2—3 ganz schwach markirte rothe Pünktchen auffinden.

13. e) *Hindert eine Einschaltung von Watte in dem vom inficirenden zum exponirten Material gehenden Luftstrom die Uebertragung?* — Da durch Einbringung der Watte in die verbindenden Glasröhren stets luftdichte Verstopfung derselben herbeigeführt wurde, suchte ich zuerst die Bedingung des Experimentes so zu erfüllen, dass ich den mit inficirendem Material gefüllten Cylinder in einen grösseren Cylinder brachte, des ersteren Ausgangsrohr in eine 1,5 Cm. dicke Watteschicht münden liess und im oberen durch ein Drahtnetz (und die Watteschicht) vom Infectionscylinder abgegrenzten Raum des grösseren Gefässes die zu inficirenden Kartoffelscheiben placirte. Durch die schwierige Manipulation war indess eine unbemerkte Verschiebung der Watteschicht erfolgt, so dass eine kleine freie Passage für den von unten aufsteigenden Luftstrom entstanden war, in deren Umgebung bereits nach 15 Stunden rothe Pünktchen an den exponirten Stücken auftraten. — Es wurden dann weitere Versuche in der Art aufgestellt, dass zwischen die mit Micrococcus (auf feuchten Flächen oder in Pulverform) gefüllten und die zu inficirenden Cylinder ein solcher mit loser Watte eingeschaltet wurde. Bei dieser Anordnung blieben die vorderen Cylinder ausnahmslos frei.

14. f) *Bewirkt die unmittelbar aus dem Laboratorium aspirirte Luft Infection?* — Die mit Kartoffelstücken gefüllten Gläser, welche 2½—3½—5 Stunden von einer direct aus dem Zimmerraum aspirir-

ten Luft bestrichen wurden, zeigten keine auf Infection deutende Veränderung des in ihnen enthaltenen Materials.

(Die negativen Ergebnisse wurden durch längeren, mindestens 5tägigen Aufenthalt der Cylinder im Brutkasten sicher gestellt.)

15. Die aus obigen Versuchen sich ergebenden Schlussfolgerungen sind besonders mit Rücksicht auf die von Naegeli in seinem Buche über die niederen Pilze und ihr Verhältniss zu den Infectionskrankheiten ausgesprochenen Theorien von allgemeiner Bedeutung, so dass ich dieselben in einigen präcisen Sätzen zusammenzustellen nicht unterlassen will:

Ein starker continuirlicher Luftstrom, der eine mit *Micrococcus prodigiosus* überzogene Oberfläche bestreicht und von da über disponirte Nährflächen geleitet wird, reisst trotz der zwei rechtwinklichen Krümmungen des Verbindungsrohres, wie unsere Anordnung sie mit sich brachte — Keime fort und setzt sie auf den exponirten Nährflächen ab. Und zwar findet dies statt, wenn die mit *M. prodigiosus* überzogene Oberfläche, wie das unter natürlichen Verhältnissen der Fall ist, feucht und der Luftstrom trocken ist, schwieriger und in geringerem Maasse, wenn derselbe feucht erhalten wird. Am leichtesten gelingt die Uebertragung der Keime, wenn dieselben dem Luftzuge in Staubform dargeboten werden. Dagegen werden von einer Oberfläche, auf welcher *M. prodigiosus* fest aufgetrocknet ist, keine Keime losgerissen. Ebenso wenig überträgt die gewöhnliche Bewegung der Luft des Zimmers Infektionskeime, auch wenn in demselben sich Micrococcus-Culturen befinden. Auch durch Watte wird die Uebertragung von Micrococcuskeimen durch die Luft verhindert unter Verhältnissen die sonst Infektion veranlassen würden. Contakt mit feuchten Micrococcusmassen dagegen bewirkt sofort Infektion.

III. Welche Mittel und Vorkehrungen zerstören die Keime des Micrococcus prodigiosus oder heben die Folgen der absichtlichen Uebertragung auf?

16. Die Bemerkungen von Schröter, dass der Zutritt von Licht für die Entwicklung des Micrococcus ohne Bedeutung sei, dass er andererseits nur bei Luftzutritt gedeihe, konnten unsere auf diesen Punkt gerichteten Versuche lediglich bestätigen. Dagegen ergeben dieselben hinsichtlich der Temperatur einige Abweichungen. Die gewöhnliche Zimmertemperatur (des Monats März) hielt die Entwicklung der Culturen wesentlich auf, so dass erst nach 60 Stunden unter ihrem Einfluss ein deutliches Angehen derselben erfolgte, während zu gleicher Zeit geimpfte und im Wärmekasten (35° C.) unter-

gebrachte Stücke schon nach 30 — ja zuweilen schon nach 20 Stunden lebhafte Entwicklung zeigten; mit anderen Worten: die Incubationszeit wird durch eine auf 12—15^0 herabgeminderte Temperatur auf mindestens das Doppelte verlängert. — Die Vernichtungstemperatur für den *Micrococcus prodigiosus* liegt zwischen 68^0 und 80^0 C. trocken: während Stücke, welche im Gasofen 10—15 Min. lang der ersteren ausgesetzt wurden, noch gutes Impfmaterial lieferten, waren bis auf 78^0 und 80^0 erhitzte nicht mehr ansteckungsfähig. Das Aussehen der Culturen giebt hier keinen Anhaltspunkt, da es noch bei viel stärkerer Erhitzung (125^0—160^0) sich nur durch eine blanke Kruste von dem unerhitzten Material unterscheidet, ohne dass in der Farbennüance oder im mikroskopischen Bilde eine Veränderung eingetreten wäre. — Bei gelinder Wärme eingetrocknet, behalten die aufbewahrten Culturen ihre Keimfähigkeit Monate lang. So waren meine ganzen Impfungen mit einem Material bewerkstelligt, das bereits im October 1878 getrocknet worden war. — Wird die Schnittfläche der gekochten Kartoffel im heissen Zustande geimpft, so zeigen die entstehenden Culturen ein kümmerliches und fleckweises Aussehen.

17. Wasser erweist sich im heissen und kalten Zustande der Vermehrung des *Micrococcus* feindlich, indem es ihn vom Nährboden löst und fortspült. Legte man gut entwickelte feuchte Culturen 20—36 Stunden in kaltes Wasser, so zeigten sie, herausgenommen, noch einen leichten pfirsichfarbenen Schimmer, in welchem fortpflanzungsfähige Keime nicht mehr enthalten waren; die so behandelten Stücke blieben auch unter sonst guten Brutverhältnissen steril. Der im Wasser zu Boden gesunkene leicht rosenfarbene Schlamm enthielt ebenfalls keine impffähigen Keime mehr. Die Auflösung der Micrococcuskörperchen im Wasser lässt sich auch unter dem Mikroskop direct beobachten.

Glycerin conservirt diese Körperchen mehrere Tage (auf 8 Tage Zeitdauer beobachtet). — Heisses Wasser bewirkt die Abspülung und Auflösung der Culturen in wenigen Minuten.

Alkohol zieht schnell den rothen Farbstoff aus und macht die Körperchen zur Impfung unfähig. Mit Alkohol behandelter Nährboden nahm zuweilen frisches Impfmaterial noch an und bewirkte ein kümmerliches Angehen desselben.

Carbolsäure macht nach kurzer Berührungsdauer sowohl den Keim unwirksam, als auch den Nährboden steril. — *Kali hypermanganicum* bewirkt in 2—5% Lösung keine Tödtung des Keims, alterirt dagegen die Beschaffenheit des Nährbodens. Salicylsäure

schien in verdünnter Lösung den Nährboden sogar ergiebiger zu machen, der Keim wurde durch sie nicht alterirt; stärkere wurden nicht versucht. — Von anorganischen Säuren erwiesen sich Salz- und Salpetersäure als absolut tödtlich.

18. Abgesehen von diesen Vernichtungsbedingungen (22 Versuche), deren Zahl ja noch bedeutend vermehrt werden könnte, existiren für den *Micrococcus prod.* solche in Gestalt anderer niederer Organismen, deren Keime, sei es dass sie mit überimpft wurden, sei es dass sie aus der Luft oder den Gefässen in die Culturflächen hineingelangten, ihn nach Verlauf von 5—6 Tagen von seinem Nährboden verdrängen. Es sind einmal *Micrococcus candidus* und *aurantiacus, Penicillium glaucum,* die sich an einzelnen beschränkten Stellen der Nährflächen ansiedeln. Wird aber der *Micrococcus prod.* nicht am vierten Tage nach der Uebertragung durch Eintrocknung fixirt, so beginnt ein schleimig-klebriger, hellwachsgelber Ueberzug von den nicht durch *Micrococcus* bepflanzten Stellen aus sich über die ganze Fläche zu verbreiten. Derselbe besteht aus reinem *Bacterium Termo,* welches nach 48—60 Stunden die rothen Stellen so reducirt, resp. unsichtbar gemacht hat, dass die ganze Oberfläche des Kartoffelschnitts nun schmierig und gelb erscheint. Doch stecken unter diesem Schlamm noch immer culturfähige Micrococcus-Keime, wie man sich durch Ueberimpfung eines anscheinend rein gelben Klümpchens auf eine frische Kartoffelfläche überzeugen kann. Dieselbe geht dann roth an, — eine Thatsache, die ohne Controlexperimente wohl im Interesse der polymorphotischen Theorie ausgebeutet werden könnte. Wiederholt man jedoch diesen Versuch (selbstverständlich unter den Cautelen gegen unabsichtliche Micrococcusübertragung) häufiger, so wird man sich bald überzeugen, dass aus noch älteren oder einmal wirklich reinen gelben Klümpchen sich immer nur *Bacterium Termo* — auch auf ganz frisch gekochten Kartoffeln — erzeugen lässt, mit anderen Worten, dass die verhängnissvolle, meistens nicht zu vermeidende Keimvermengung auch hier ihre Rolle spielt. — Die vorher erwähnten Organismen — *Micrococcus candidus* und *aurantiacus*, sowie *Penicillium glaucum* — lassen es zu, dass die blutrothen Tröpfchen des *M. prodigiosus* sich noch etwas erhöhen und ausbreiten; doch hat sich niemals gezeigt, dass — ebensowenig wie gegenüber dem *Bacterium Termo* — unser *Micrococcus* diese Afterwucherungen verdrängt und sein Terrain wiedererobert hätte.

Breslau, 4. April 1879.

VIII.

Untersuchungen über die in der Luft suspendirten Bacterien.

Von

Dr. Miflet aus Kiew.

Mit einer Einleitung von **Dr. Ferdinand Cohn.**

Hierzu Tafel VII. und VIII.

1. Wenn auch schon von vielen Forschern seit Ehrenberg das Vorkommen von Pilzkeimen in der Luft theils direkt nachgewiesen, theils aus dem Auftreten von Pilzen auf oder in sich zersetzenden organischen Substanzen erschlossen wurde, so ist doch das allgemeine Interesse in neuester Zeit erst durch Pasteur auf diese Keime, insbesondere die von Hefepilzen und Bacterien, in ihrem Zusammenhang mit den Fermentationen, gerichtet worden. In seiner berühmten Abhandlung über die organisirten Körperchen in der Atmosphäre glaubte Pasteur[1]) entscheidende Beweise für die Annahme zu liefern, dass alle bei der Gährung und Fäulniss auftretenden mikroskopischen Organismen, in denen derselbe theils Pflanzen, theils Thiere erblickte, soweit sie nicht in dem für die Versuche benützten organischen Substrat, dem Wasser oder den Gefässen präexistirten, oder durch Verunreinigung hineingebracht wurden, nothwendig von Keimen herstammen, die aus der Luft hineingefallen und durch Abhalten oder Abfiltriren der Luft abgehalten werden können.

Die wichtigsten der durch Pasteur angeregten Untersuchungen über die organisirten Gebilde in der Luft, deren vollständigste

---

[1]) Pasteur, Mém. s. l. corpusc. organisés qui existent dans l'atmosphère. Journ. de Chim. et de Phys. 1862. sér. III. tom. 64 p. 5.

Zusammenstellung die Abhandlung von Douglas Cunningham giebt[1]), habe ich in meinem Aufsatze „Unsichtbare Feinde in der Luft[2])“ besprochen. Ich habe dabei hervorgehoben, dass durch die bisher zur Aufsammlung mikroskopischer Organismen aus der Luft benutzten Methoden im Allgemeinen nur grössere Pilzsporen und andere fremde Körper (Algen, Moosfragmente, Pollen, Gewebsfasern, Federn, Stärke, hauptsächlich aber Kieselfragmente) nachgewiesen werden, denen vom hygienischen Gesichtspunkte aus nur eine untergeordnete Bedeutung zukömmt, dass sich jedoch über Gegenwart oder Abwesenheit der für Fermentationen und pathogene Infectionen in erster Reihe in Frage kommenden Bacterien kein sicheres Urtheil durch dieselben gewinnen lässt. Noch weniger konnte bisher die Kardinalfrage zur Entscheidung gebracht werden, ob die in der Luft etwa suspendirten Bacterienkeime noch entwicklungsfähig sind, ob sie sich noch vermehren und Fermentwirkungen äussern können, oder ob sie nicht durch Austrocknen ihre Keimfähigkeit völlig verloren haben[3])?

In der That ist es durch eine Anzahl neuerer Untersuchungen, unter denen die von Burdon Sanderson hervorzuheben sind, in hohem Grade zweifelhaft geworden, ob die Keime der bei Gährung und Fäulniss sich entwickelnden Bacterien wirklich aus der Luft

---

[1]) Cunningham Douglas, Microscopic examination of air. Calcutta. Ohne Jahresangabe. 1873?

[2]) Rede in der dritten allgemeinen Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Breslau am 24. Sept. 1874; abgedruckt in dem Bericht der Versammlung p. 138.

[3]) Die nämlichen Einwürfe müssen auch gegen die neusten Untersuchungen erhoben werden, welche P. Miquel im Observatorium des Park zu Montsouris bei Paris über die in der Atmosphäre suspendirten organisirten Staubtheilchen angestellt hat. (Les poussières organisées tenues en suspension dans l'atmosphère, Compt. rend. hebd. de l'Acad. des sciences. Paris 1878. Tom. 86. p. 1552.) Die durch den Trichter eines Aëriskops mit einer Oeffnung von 0,5 mm Durchmesser hindurch gesaugte Luft setzte ihre Unreinigkeiten auf einem Plättchen ab, auf dem sich ein Gemisch von Glycerin und Glycose befand. Die aspirirte Luftmenge konnte vermittelst eines Zählapparats gemessen werden und betrug etwa 20 Liter in der Stunde, die Zahl der organisirten Körperchen variirte von 500 — 120,000 für den Kubikmeter Luft, 100mal grösser als Maddox und Cunningham sie früher gefunden; sie variirte nach den Jahreszeiten, von Temperatur und Feuchtigkeit beeinflusst. Aber diese „Microbes oder microgermes“ waren auch nur „spores des Mucédinées et semences de nombreuses productions cryptogamiques, ensuite fructifications de certains champignons“ neben Algen und verschiedenen Fragmenten, auch Eier (!) grosser Infusorien.

stammen, oder ob nicht die Infektion ausschliesslich durch das Wasser oder durch Contakt mit unreinen Oberflächen stattfindet.

2. Zur experimentellen Lösung der Frage, ob in der Luft entwicklungsfähige Schizomycetenkeime vorhanden resp. nachweisbar seien, habe ich eine andere Methode vorgeschlagen, nämlich grosse Volumina Luft in Nährflüssigkeiten zu waschen, in denen die Keime derselben sich später vermehren und dadurch mikroskopisch und selbst makroskopisch zur Wahrnehmung kommen. Der von mir früher benutzte Apparat[1]) bestand aus einer Reihe durch Glas- oder Kautschukröhren unter einander verbundener, und mit mineralischer Bacteriennährlösung theilweise angefüllter Glascylinder, durch welche die Luft vermittelst eines Aspirators hindurchgesaugt wurde, so dass die nämliche Luftmenge sämmtliche Glascylinder hinter einander durchstreichen und in ihnen die suspendirten Körperchen absetzen musste, welche sodann im Wärmkasten zu weiterer Entwicklung gebracht wurden.

Eine sehr vortheilhafte Modifikation dieses Apparats habe ich dadurch herbeigeführt, dass ich als Aspirator die nach Arzberger und Zulkowsky[2]) von Paul Böhme in Brünn construirte transportable Wasserstrahlluftpumpe verwendete und die Verbindung zwischen den Waschcylindern derartig herstellte, dass in jedem derselben ein separater Luftstrom, nach Bedarf in verschiedener Nährlösung, gewaschen werden kann.

Die genannte Luftpumpe hat vor allen anderen Aspiratoren den Vorzug, dass sie einen durch unbegrenzte Zeiten ununterbrochenen regulirbaren Luftstrom gestattet. Um denselben in Gang zu bringen ist weiter nichts erforderlich, als das Wasserzuflussrohr mit dem Hahn einer Wasserleitung durch einen Kautschukschlauch (bei A in umstehender Figur) in Verbindung zu setzen und den Lufthahn R richtig zu stellen, während das Wasserabflussrohr durch einen Kautschukschlauch bei B in das Becken der Wasserleitung gelegt wird.

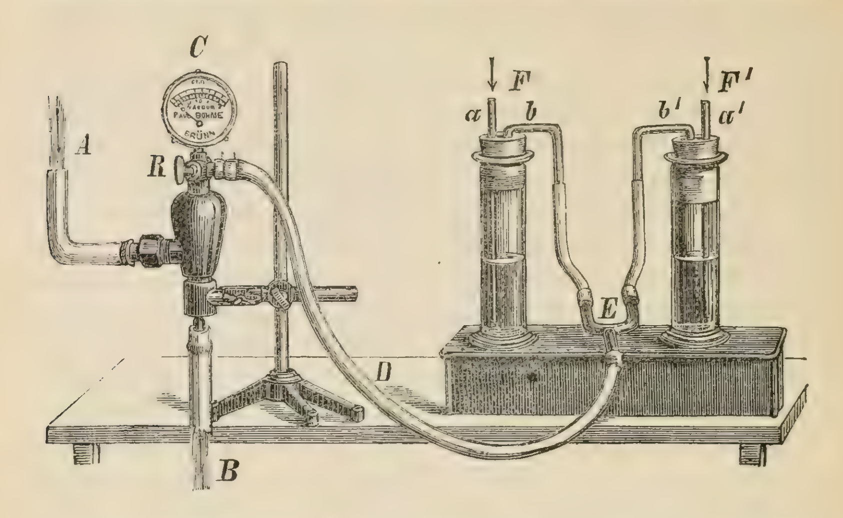
Das Luftrohr D der Wasserstrahlluftpumpe C wird mit einem 1 cm starken Glasrohr in Verbindung gesetzt, welches sich am entgegengesetzten Ende in zwei gleiche Gabeläste theilt (E). Jeder derselben wird durch einen Kautschukschlauch mit einem Glascylinder verbunden, welcher eine Höhe von 15 Centimeter und einen inneren Durchmesser von 3 Centimeter besitzt und mit doppelt durchbohrtem Kautschukstopfen verschlossen ist (FF'). Durch die

---

[1]) Beiträge zur Biologie der Pflanzen Bd. I. Heft 3. p. 148.

[2]) Annalen der Chemie und Physik Bd. 176 p. 327.

eine Oeffnung des Stopfens reicht ein grades Glasrohr von 0,5 Centimeter Durchmesser bis nahe auf den Boden des Cylinders (aa'); durch



C. Wasserstrahlluftpumpe. A. Zuleitungsrohr des Wassers. B. Ableitungsrohr des Wassers. D. Luftsaugrohr der Luftpumpe. R. Hahn zur Regulirung des Luftstroms. E. Glasgabel. F.F' Waschcylinder. a.a' Luftsaugrohr der Waschcylinder. b.b' Verbindungsrohr mit der Luftpumpe.

dieses dringt die von der Luftpumpe aspirirte Luft in die Cylinder ein. In das andere Loch wird eine zweimal rechtwinklig gebogene Glasröhre von gleichem Durchmesser eingesetzt, welche direct unterhalb des Stopfens mündet; das freie Ende dieser Röhre wird mit einem der beiden Gabeläste (E) durch Kautschuk verbunden (bb'). Vermittelst dieser Vorrichtung kann die Luft gleichzeitig durch zwei Cylinder in völlig gleichmässigem Strome hindurchgesaugt und, wenn letztere mit Flüssigkeit etwa bis zur Hälfte gefüllt worden, gleichzeitig auch gewaschen werden. Werden zwei Paar so verbundener Glascylinder durch eine ähnliche Glasgabel in Verbindung gesetzt, so ergiebt dies vier gleichzeitig für Parallelversuche benutzbare Waschapparate. Bei Bedürfniss kann selbst noch eine grössere Zahl von Cylindern nach Belieben zusammengestellt werden, wobei allerdings sorgfältige Regulirung vermittelst Quetschhähnen erforderlich ist. Bei dieser Einrichtung ist eine Vermischung der Waschflüssigkeiten benachbarter Cylinder unmöglich, wie sie in den früheren Apparaten bei directer Communication derselben und bei einigermassen kräftigem Luftstrom nicht vermieden werden konnte. Nicht minder wird eine gleichmässige Anhäufung der Keime aus der Luft

in den verschiedenen Waschflüssigkeiten erzielt, während bei der früheren Verbindung ein progressives Abnehmen stattfand, da der nämliche Luftstrom mehrere Waschcylinder hintereinander passiren musste.

3. Herr Dr. Miflet, welcher im Sommersemester 1878 in unserem Pflanzenphysiologischen Institut sich mit Studien über Bacterien beschäftigte, wurde von mir ersucht mit Hülfe des eben beschriebenen Apparats eine zusammenhängende Untersuchung über die in der Luft enthaltenen Bacterien anzustellen, deren Ergebnisse ich mit ihm mikroskopisch geprüft habe. Als Waschflüssigkeiten wurden für diese Versuche gewählt:

1. Eine mineralische Nährlösung von folgender Zusammensetzung:

Saures phosphorsaures Kali	1	gm
Schwefelsaure Magnesia	1	"
Neutrales weinsteinsaures Ammoniak	2	"
Chlorcalcium	0,1	"
Destillirtes Wasser...............	200	"

2. Eine zehnprocentige Lösung von Malzextract.

3. Eine einprocentige Lösung von Liebig'schem Fleischextract.

4. Bevor wir unsere Untersuchung begannen, musste dafür Sorge getragen werden, dass die in den benutzten Flüssigkeiten und Apparaten bereits früher vorhandenen Keime, die als primäre Keime bezeichnet werden können, getödtet, d. h. dass der Apparat vollständig desinficirt werde; als der geeignetste Weg dazu ergab sich eine hinlänglich lange Einwirkung einer Temperatur über 100° C. Folgende Vorversuche wurden angestellt, um ein völlig sicheres Desinfektionsverfahren zu ermitteln. Die Cylinder wurden jeder mit 25 Gramm obiger Nährlösungen gefüllt, auf einem schweren Stativ zur Verhinderung des Umfallens festgebunden und, nachdem die Glasröhren durch Kautschukkappen verschlossen, in einem zu ⅔ mit Wasser gefüllten geräumigen Papin'schen Topf 20 Minuten lang gekocht, hierauf in den schon früher beschriebenen[1]) Wärmkasten gebracht, in welchem sie bei einer Temperatur von etwa 30° C. längere Zeit verblieben. Schon nach drei Tagen zeigten die Cylinder mit Malzextract und Fleischextract eine deutliche Trübung, die mit der mineralischen Lösung dagegen blieben klar. Die mikroskopische Untersuchung lehrte, dass die Trübung bei den ersteren Cylindern ausschliesslich von Bacillen herrührte. 20 Minuten andauerndes Kochen hatte also nicht genügt zur Vernichtung der primären Keime im Malz- und Fleisch-Extract, wohl aber war dasselbe ausreichend

[1]) Band 1. Heft 2 pag. 196 dieser Beiträge.

für die mineralische Nährlösung, vermuthlich weil in ersteren, nicht aber in letzterer widerstandsfähige Bacillussporen vorhanden waren. Durch successives Vorgehen nach dieser Methode wurde endlich das Resultat gewonnen, dass zur absolut sichern Desinfektion der Apparate, wenn dieselben mit Fleisch- und Malzextract gefüllt waren, ein 1½ stündiges Kochen im Papin'schen Topf erforderlich sei. Behufs der Controle wurden fortan die in dieser Weise desinficirten Apparate noch mindestens drei Tage im Wärmkasten belassen; von denjenigen, welche auch dann völlig klar geblieben waren, konnte angenommen werden, dass sich auch später in ihnen nichts entwickeln werde, und nur solche Waschcylinder wurden zu den ferneren Versuchen verwendet.

5. Hierauf suchten wir uns darüber Gewissheit zu verschaffen, ob die oben erwähnten Nährflüssigkeiten für die Entwickelung der Bacterien überhaupt einen günstigen Boden liefern. Zu diesem Zwecke wurden die desinficirten Nährlösungen mit Bacterium Termo, verschiedenen Bacillus und anderen Arten geimpft, in den Wärmkasten gebracht und nach drei Tagen mikroskopisch untersucht. Es ergab sich die Thatsache, dass verdünnter Fleisch- und Malzextract im allgemeinen für die Entwicklung aller Bacterien ein sehr vortheilhaftes Medium ist, während die mineralische Nährlösung vorzugsweise nur für die Vermehrung von Bacterium Termo geeignet zu sein scheint.

6. Hierauf fussend wurden mit diesen drei Flüssigkeiten eine Reihe von systematischen Untersuchungen angestellt, bei denen der obige Apparat angewendet wurde. Durch Oeffnung des Wasserleitungshahnes wurde die Luftpumpe in Thätigkeit gesetzt und 24 Stunden lang ohne Unterbrechung die Luft durch die Waschcylinder gesaugt. Das Volumen der gewaschenen Luft liess sich durch Stellung des Wasserleitungshahns reguliren. Directe Messungen in einzelnen Fällen ergaben, dass pro Stunde circa 150 Liter, also in 24 Stunden 2550 Liter Luft hindurch gesaugt wurden. Nach Beendigung des Versuchs wurden die Waschcylinder in den oben erwähnten Wärmkasten gebracht und daselbst bis zu 3 Tagen belassen. Die Entwicklung von Bacterien liess sich schon makroskopisch durch Trübung erkennen; oft bildeten sich schwimmende Häutchen oder Absatz. Blieben die Nährflüssigkeiten innerhalb dieser Zeit klar, so trat auch bei längerem Verweilen im Wärmkasten keine Trübung mehr ein, und die mikroskopische Untersuchung ergab, dass sich dann überhaupt keine Bacterien entwickelt hatten. Im entgegengesetzten Falle wurden vermittelst ausgeglühter Pipetten kleine Proben

von Nährflüssigkeit herausgenommen und mit Hartnack, Immersion XII. untersucht, die Bacterien selbst nach Weigert-Koch'scher Methode durch Methylviolett und Anilinbraun gefärbt und sofort gezeichnet.

7. Um darüber Gewissheit zu erlangen, ob die bei unsern Versuchen sich entwickelnden Bacterien wirklich von Keimen herstammten, welche aus der Luft ausgewaschen waren, wurde folgender Versuch angestellt: Die geraden zum Eintritt der Luft in die mit Fleisch- und Malzextract gefüllten Waschcylinder dienenden Glasröhren wurden mit Watte verstopft, sodass nur solche Luft die Waschflüssigkeit durchströmte, welche vorher die Watte passirt hatte. Bei Anwendung von gewöhnlicher Baumwollenwatte stellte sich in der Regel eine deutliche Trübung ein, die von Bacterien herrührte. Bei Anwendung von Watte dagegen, welche durch Salicylsäure, absoluten Alkohol oder durch Erhitzen desinficirt worden war, entstand keine Trübung. Diese Versuche ergaben also, dass die in der Luft enthaltenen Keime durch desinficirte Watte vollständig abfiltrirt werden, dass dagegen das Auftreten von Bacterien bei Benutzung eines Filters gewöhnlicher Watte auf die in letzterer enthaltenen und durch den starken Luftstrom fortgerissenen Unreinigkeiten zurückzuführen sei. In Folge dieses Ergebnisses wurde bei allen weiteren Versuchen jedesmal ein Waschcylinder zum Zwecke der Controle eingeschaltet, bei welchem die Luft durch desinficirte Watte filtrirt war. Blieb dieser (im Folgenden als Controlcylinder bezeichnet) klar, während die übrigen Cylinder, in denen die Luft nicht filtrirt wurde, sich trübten, so konnte mit voller Gewissheit angenommen werden, dass die Keime der in den Waschflüssigkeiten entwickelten Bacterien einzig und allein nur aus der Atmosphäre herstammen mussten.

8. Die Fragen, deren Lösung durch unsere Untersuchungen angestrebt wurde, waren folgende:

1. Sind in der Luft Keime von Bacterien vorhanden und lassen sich dieselben nachweisen?

2. Ist es möglich diese Keime zur Entwickelung und Vermehrung zu bringen und durch welche Methode?

Beide Fragen mussten gesondert untersucht werden. Denn es liess sich die Möglichkeit denken, dass zwar in der Luft Bacterienkeime existiren, dass unsere Methoden aber nicht ausreichen, um dieselben aufzufinden, ihre Formen zu unterscheiden und die Medien zu wählen, welche für ihre weitere Entwickelung geeignet sind.

In der That hatten meine früheren Versuche mit der Luftwäsche[1])

---

[1]) Beiträge etc. Bd. I. Heft 3. p. 150.

das Resultat ergeben, dass sich in der Regel in den Waschflüssigkeiten zwar Hefe und Schimmelpilze, aber nur ausnahmsweise Bacterien entwickelten; gleichwohl durfte ich daraus nicht den Schluss ziehen, dass in der Luft entwicklungsfähige Bacterien in der Regel überhaupt nicht vorhanden seien, sondern ich wurde zu der Annahme geführt, „dass dieselben als leichte und von einer Gallerthülle umgebene Körperchen im Wasser nur mit besonderer Schwierigkeit festgehalten, meist aber von den aufsteigenden Luftbläschen wieder fortgerissen werden, ohne benetzt zu sein.“ Bei den im Weiteren zu berichtenden Untersuchungen hat sich ebenfalls herausgestellt, dass in der früher von mir allein benutzten mineralischen Nährlösung viel schwieriger die Bacterien zur Entwicklung gelangen, als in den Lösungen von Malz- und Fleischextrakt. Uebrigens ist die Möglichkeit nicht zu bestreiten, dass neben den von uns nachgewiesenen und zur Vermehrung gebrachten höchst mannigfaltigen Bacterienformen noch eine grosse Menge anderer Arten in der Luft suspendirt seien, die uns nur darum entgingen, weil wir für sie eben nicht den günstigsten Nährboden ermittelt hatten. Nichtsdestoweniger glaube ich annehmen zu dürfen, dass unser Apparat ein werthvolles Hilfsmittel abgeben wird, um manche, insbesondere hygienisch wichtige Fragen über Reinheit oder Verunreinigung der Luft durch zymogene oder pathogene Keime, Wirksamkeit der Desinfektionen, Malaria u. s. w. zur Entscheidung zu bringen.

9. Bei dieser ersten systematischen Untersuchung haben wir uns bereits bemüht, die Luft von möglichst verschiedenartigen Lokalitäten zu untersuchen; von solchen, von denen anzunehmen war, dass die Luft relativ am reinsten, und von solchen, von denen man vermuthen konnte, dass sie am meisten verunreinigt sei. Es wurde deshalb der geschilderte Apparat in folgenden Räumlichkeiten aufgestellt und in Thätigkeit gesetzt:

1. Im Arbeitszimmer des Pflanzenphysiologischen Instituts, im Hofe und im Kloakenraum des betreffenden Gebäudes.

2. Im botanischen Garten (Waldluft und Bodenluft).

3. Im Operationszimmer der chirurgischen Klinik.

4. Im Sectionszimmer des pathologischen Instituts.

5. Im Wenzelschen Krankenhaus, in der Station für Flecktyphuskranke [1]).

Breslau, Juli 1879. F. Cohn.

[1]) Zur Zeit der Versuche bestand in Breslau eine Flecktyphus-Epidemie. Sämmtliche Kranke wurden nach dem ausserhalb der Stadt auf freiem Felde gelegenen Krankenhaus geschafft. Die Zimmer, in denen die Apparate aufgestellt waren, waren mit 5 bis 7 Kranken belegt.

Bericht über die im Sommer 1878 zu Breslau angestellten Untersuchungen der in der Luft suspendirten Bacterienkeime.

Von **Dr. Miflet.**

Auf Veranlassung und unter Leitung des Herrn Prof. Ferdinand Cohn habe ich von Mitte März bis Ende Juli 1878 eine zusammenhängende Reihe von Untersuchungen über die in der Luft enthaltenen und entwicklungsfähigen Bacterienkeime angestellt, deren Ergebnisse ich im Folgenden zusammenstelle. Herrn Prof. Cohn, sowie Herrn Dr. Eidam spreche ich meinen Dank für die mir zu Theil gewordene Förderung aus.

I. Zimmerluft der Arbeitsräume im pflanzenphysiologischen Institut.

In dem Zeitraum vom 30. März bis 7. Mai 1878 wurde die Luft dieser Localitäten fünf Mal untersucht. Hierzu wurde stets der Apparat mit vier Waschcylindern in Verbindung gesetzt, welche je desinficirtes Malz- und Fleischextract sowie mineralische Nährlösung enthielten. Einer der vier Cylinder diente zur Controle, er wurde abwechselnd mit obigen Flüssigkeiten gefüllt, und während die übrigen drei Cylinder unmittelbar vom Aussenraum durch offene Röhren Luft einsaugten, musste dieselbe bei dem Controlcylinder erst einen im Saugrohr befindlichen desinficirten Wattepfropf passiren. Nach 24stündiger Lufteinsaugung, darauf erfolgtem Einsetzen in den Wärmkasten ergab sich im Verlauf von 2 — 3 Tagen folgende Resultat:

Controlcylinder. Versuch 1—5. Die in den 5 Gläsern enthaltenen Flüssigkeiten, welche ausschliesslich nur filtrirte Luft aufgenommen hatten, blieben immer klar.

Malzextract-Lösung. Versuch 1. Sehr trübe, es bildet sich ein weisser Absatz, welcher aus einem Micrococcus besteht.

Versuch 2. Trübe; weisslich schleimiges Häutchen auf der Oberfläche und schleimiger weisser Absatz. Die Häutchen bestehen aus Bacillen, die in Schleim eingebettet sind; der Absatz dagegen aus Sarcina und kugligen Micrococcuszellen, welche perlschnurartig zu kurzen oder langen, verfilzten oder freien, geschlängelten Fäden gereiht (Torulaform) sind. (Fig. 2.)

Versuch 3. Klar; in der Flüssigkeit schwimmen Mycelien, die später fructificiren und zu *Rhizopus nigricans* gehörig sich erweisen.

Versuch 4. Sehr trübe, mit schleimigem Absatz. Letzterer enthält bewegliche, ziemlich dicke Bacillen; einige derselben haben

ovale Sporen entwickelt (Fig. 6a). Ferner sind sehr dicke, cylindrische, abgerundete oder scharfeckige Zellen vorhanden, zuweilen zwei oder mehr mit einander reihenförmig verbunden, deren Protoplasma sehr reichlich dunkel gekörnelt und Vacuolenfrei ist (Fig. 6b).

Versuch 5. Wenig trübe; die Oberfläche bedeckt ein Häutchen, durchaus nur aus rundem Micrococcus bestehend, der eine Art Zoogloeamasse bildete (Fig. 7a).

Fleischextract-Lösung. Versuch 1. Klar, auf der Oberfläche schwimmen Schüppchen, welche im Centrum ziegelroth, am Rand farblos erscheinen und sich zum Theil zu einer Haut vereinigt haben. Intensiver spermatischer Geruch. Die Schüppchen zeigen bewegliche kurze dünne Bacillen, zum Theil in längere Fäden ausgewachsen, in welchen sich röthliche, oval oblonge, stark glänzende Sporen kettenförmig nach Art der Heubacillen entwickelt hatten. Dieselben isoliren sich nach Vergallertung der Fäden und sammeln sich dann in kleinen ziemlich dicken Gallerthäufchen an (Fig. 1), welche auf den Boden der Flüssigkeit herabsinken. Jedesmal, wenn ein solches Sporenhäufchen niedersank, entstand an dessen Stelle ein rundliches Loch in der Bacterienhaut. Diese Bacillusform ist durch die schmutzigrothe Farbe ihrer Sporen sehr charakteristisch, sie wurde zuerst von Eidam[1]) in faulender Eiweissflüssigkeit, sowie auf putridem Fleischwasser beobachtet. Herr Prof. Cohn schlug für diesen Organismus den Namen „Bacillus erythrosporus“ vor; er liess sich innerhalb 24 Stunden auf frische Fleischextractlösung, nicht aber auf Malzextract und mineralische Nährlösung übertragen.

Versuch 2. Trübe, weisses hart und spröde anzufühlendes Häutchen, weisser Absatz. Das Häutchen besteht aus lebhaft beweglichen Bacillen, einzeln oder zu mehreren vereinigt, mit beiderseits abgerundeten Enden; sobald die Stäbchen ihre Bewegung einstellen, hüllen sie sich in Schleim und bilden einen Zoogloeaartigen Ruhezustand (Fig. 4). Der Absatz besteht aus Sarcina-Gruppen, welche in ausserordentlich weite Gallerthüllen ganz nach Art eines Ascococcus[2]) eingehüllt sind (Fig. 3); diese Gallertkapseln werden von Bacillusschwärmen umgeben von genau der nämlichen Gestalt wie diejenigen, welche das oberflächliche Häutchen darstellten; ausserdem waren die Bacillen mit reichlichen Perlschnurketten (Torulaform) untermischt, wie sie sich in Versuch 2 (Malzextractlösung s. o.) entwickelt hatten (Fig. 3 und 2).

---

[1]) F. Cohn, Beitr. z. Biol. d. Pflanzen. Bd. I. Heft 3. S. 216.

[2]) Cohn, Beitr. z. Biol. d. Pfl. Bd. I. Heft 3. Taf. VI.

Versuch 3. Trübe; unter dem Mikroskop grosse Micrococcen, oft 2, 4 und mehr in regelmässiger, quadratartiger Anordnung mit einander verbunden (Fig. 5).

Versuch 4. Trübe; mikroskopisch eine Bacillusform mit Sporen, welche von *Bacillus subtilis* nicht zu unterscheiden ist.

Versuch 5. Trübe; grosse Micrococcen (*Megacoccus* Billroth), jedoch von verschiedener Grösse, rund, oval einzeln, zu zweien oder mehreren hinter einander, untermischt mit kegel- oder bisquitförmigen, cylindrischen oder an den Enden in einen feinen Fortsatz ausgezogenen Formen (Fig. 7b). Ferner finden sich unbewegliche, abgerundete oder reihenförmig in Fäden angeordnete dicke Bacillen, durchweg mit sehr feinen Körnchen erfüllt, so dass sie in Folge dessen ein trübes Aussehen besitzen; sie sind gewöhnlich an beiden Enden mit je einer grösseren Vacuole versehen vielleicht *B. Ulna?* Cohn (Fig. 7c).

Mineralische Nährlösung. Versuch 1—5. Die Flüssigkeit blieb, ganz wie bei den Versuchen in den Controlcylindern, in sämmtlichen Gläsern klar und Bacterienfrei.

Fassen wir die Ergebnisse dieser fünf Versuche zusammen, so bekommen wir folgendes Resultat: in Malz- und Fleischextract-Lösung stets Trübung durch massenhaftes Auftreten verschiedener Arten von Bacillus und Micrococcus. Die Mineral-Lösung blieb stets klar; als obige im Malz- und Fleischextract erhaltenen Bacterien durch Impfung direct in die mineralische Nährlösung übertragen wurden, vermehrten sie sich nicht; hieraus ergiebt sich, dass die mineralische Nährlösung nur darum frei blieb, weil sie für die betreffenden Bacterien keine geeignete Nährlösung ist. Ich stellte mit den erhaltenen Bacterien Impfungen von Kaninchen an durch directe Einspritzung je einer ganzen Pravaz'schen Spritze in die Vena jugularis interna, sowie durch subcutane Injektion; die Kaninchen blieben jedoch völlig gesund, sie liessen auch nicht die geringste Temperaturerhöhung bemerken.

II. Zimmerluft in der Station für Flecktyphuskranke. (Wenzel'sches Krankenhaus.)

Die Luft dieser Localitäten wurde vom 1.—8. April 1878 drei Mal auf dieselbe Weise wie im Pflanzenphysiologischen Institut untersucht. Die Apparate wurden direct in den Zimmern, woselbst 5 bis 7 Flecktyphuskranke, zum Theil im höchsten Fieberdelirium, lagen, für 24 Stunden aufgestellt: Das Ergebniss war ein constantes Klarbleiben aller Nährlösungen. Vermuthlich spielte hier die kräftige Des-

infektion der Zimmer mit Carbolsäure eine Rolle, deren mächtig desinficirende resp. Bacterienwidrige Eigenschaften dadurch aufs Neue gestützt werden dürften.

III. Luft des Sectionszimmers im pathologischen Institut.

Untersuchung vom 9.—12. Juli 1878; zwei Mal. Hiezu habe ich je vier Waschcylinder verwendet und erhielt folgendes Resultat:

Controlcylinder. Versuch 1 u. 2. Die Flüssigkeiten blieben völlig klar und Bacterienfrei. —

Malzextract-Lösung. Versuch 1. Wenig trübe, unter dem Mikroskop feine unbewegliche Bacillen, einige mit torulosem Inhalt, vielleicht Sporen? (Fig. 14a). Ferner ein grosser ovaler Micrococcus, je vier Zellen desselben oder ganze Gruppen nach Art von Sarcina vereinigt (Fig. 14b.).

Versuch 2. Wenig trübe, pulverförmiger Absatz und Mycelbildung. Der Absatz besteht mikroskopisch aus demselben Sarcinaartigen Micrococcus wie bei dem vorhergehenden Versuche (Fig. 14b.). Da das Mycel nicht zur Fructification gelangte, so konnte der Pilz nicht bestimmt werden.

Fleischextract-Lösung. Versuch 1. Sehr trübe. Dicke, kurzgliedrige Bacillen in Fadenform; die einzelnen Glieder scharf rechteckig, im Innern mit ebenfalls vierkantigen Protoplasmakörpern rfüllt (Fig. 15a.), die sich zu stark lichtbrechenden, mit einem Schleimhof versehenen Sporen entwickelten. Die freien Sporen sind häufig in Gruppen vereinigt (Fig. 15b). Die Flüssigkeit enthält ausserdem feine bewegliche Bacillen, die bei der Sporenbildung an einem oder an beiden Enden stark keulen- oder löffelförmig angeschwollen sind (Fig. 15c). Endlich finden sich freie grössere Micrococcuskügelchen (Fig. 15d) und feinere Micrococcusmassen, in dichtlappige chagrinartige Häute vereinigt (Fig. 15e).

Versuch 2. Sehr trübe; weisse schwimmende Flöckchen. Es ergiebt sich Micrococcus von gewöhnlich deutlich ausgesprochener ovaler Form, häufig zwei zusammen, und kurze, dicke unbewegliche Bacillen (Fig. 17a und b).

Mineralische Nährlösung. Versuch 1. Gleichmässige Trübung, herrührend von kurzen feinen unbeweglichen Bacillen (Fig. 16a).

Versuch 2. Sehr trübe. Dieselben Bacillen wie bei dem vorhergehenden Versuche; ferner sehr zarte oblonge und bewegliche Bacillen, zu längeren deutlich gegliederten Fäden ausgewachsen (Fig. 16b); Micrococcus von ungleicher aber sehr bedeutender Grösse

häufig zwei oder drei zusammen (Fig. 16c) und endlich sonderbare Formen von lappig-knolliger und ganz unbestimmter Gestalt und von beträchtlichem Durchmesser (Fig. 16d).

Bei diesen zwei Versuchen trübten sich also sowohl Malz- als Fleischextract-Lösung, ebenso auch die mineralische Nährlösung; besonders interessant sind die eigenthümlichen, soeben beschriebenen und abgebildeten Bacterien, (Fig. 15a, b, c und Fig. 16b) und die schwer zu deutenden Formen (Fig. 16d). Beide Malzextract-Lösungen zeigten jedoch dieselben Micrococcen und beide Mineral-Lösungen die nämlichen Bacillen.

IV. Luft im Operationszimmer der chirurgischen Klinik.

Vornahme des Versuches zwei Mal vom 12. bis 16. Juli 1878.

Controlcylinder. Versuch 1 und 2. Die Flüssigkeiten blieben klar und Bacterienfrei.

Malzextract-Lösung. Versuch 1 u. 2. Wenig trübe; schwache Mycelbildung. Unzählige kuglige Micrococcen, einzeln oder zu zweien vereinigt, schwimmen in der Flüssigkeit (Fig. 19c). Aus dem Mycel wachsen die schwarzen Sporangien von *Rhizopus nigricans* hervor.

Fleischextract-Lösung. Versuch 1. Ganz trübe und mit weisslicher, schleimiger Haut bedeckt. Die letztere besteht aus sehr langen gekrümmten Bacillusfäden (Fig. 18a), aus dicken kurzgegliederten Bacillen mit langen vierkantigen oblongen Sporen wie in Fig. 15a, aus eigenthümlichen wurstartigen eingekerbten Massen, die selbst wieder von Gruppen feiner Micrococcen gebildet scheinen (*Ascococcus* „mit palmelloider Wucherung und Furchung" nach Billroth s. u.) (Fig. 18b). Die trübe Flüssigkeit enthielt dagegen grössere Micrococcus-Kügelchen, meist 2 oder 3 zusammen (Fig. 18c) und feine, kleine, bewegliche Bacillen (Fig. 18d).

Versuch 2. Ebenfalls sehr trübe und mit weisslichen Schleimhäutchen bedeckt. Es findet sich derselbe Micrococcus wie bei dem Versuch 1, nämlich Fig. 18c und dieselben Bacillen Fig. 18d.

Mineralische Nährlösung. Versuch 1. Ist klar, auf der Oberfläche ein gelbliches, rahmartiges Häutchen, unter demselben eine wenig getrübte Schicht von sehr geringem Durchmesser. Kleine Schüppchen schwimmen in der Flüssigkeit und setzen sich zuletzt ab. Haut und Schüppchen bestehen aus chagrinartigen Massen feiner Micrococcen und einer Ascococcusform, welche vielleicht mit Billroth's *„Ascococcus parvus"* identisch ist [1]), die derselbe in Hydrocelen-

[1]) Coccobacteria septica Berlin 1874. p. 15. 35. 98. Taf. II. Fig. 18a und Taf. III. Fig. 23.

flüssigkeit beobachtet hat (Fig. 19a und b). Die Haut wird sehr zähe, faltig, zuletzt fast lederartig wie eine diphtheritische Membran; in eine chagrinartige feine Micrococcusgallert eingebettet sind kuglige Massen von der Grösse der Blutkörperchen, stärker lichtbrechend, frei oder zu unregelmässigen knolligen Gruppen verbunden, deren Natur uns noch völlig unklar blieb. Eine trübe Schicht unterhalb der Haut enthält freie grössere Micrococcen, entsprechend der Fig. 19c.

Versuch 2. Sehr trübe, mit rahmartiger Haut bedeckt. Mikroskopisch finden sich frei schwimmende Micrococcen (Fig. 19c), ferner zoogloeaartige Massen von feinem Micrococcus mit eingelagertem „*Ascococcus parvus*“ (Fig. 19a und b). Häufig sind in Micrococcus auch kuglige Gallertkapseln eingebettet, welche eine kleinere Zahl von Micrococcuskügelchen einschliessen, wie sie Billroth auf Taf. III. Fig. 22 als Entwicklung seines *Ascococcus* abgebildet hat. In dieser Flüssigkeit trat auch — überhaupt das erste und letzte Mal bei meinen Luftwaschungen — *Bacterium Termo* auf, welches aber höchst wahrscheinlich nicht durch die Luft, sondern durch nachträgliche Inficirung vermittelst Contact in die Flüssigkeit gelangt war, indem beim Anbringen des Gefässes an die Luftpumpe der Kautschukpfropf sich lockerte und so vielleicht durch Berührung desselben beim sofort wieder hergestellten Verschluss eine Verunreinigung erfolgt war.

Von diesem Umstand abgesehen, war das Ergebniss dieser Versuchsreihe folgendes: In den beiden Malzextract-Lösungen fanden sich dieselben grösseren Micrococcen, wie in der mineralischen Nährlösung (Fig. 19c). Auch die Fleischextract-Lösung enthielt zwei Mal die nämlichen Keime. Die Waschcylinder mit Mineral- und mit Fleischextract-Lösung waren von denselben zoogloeaartigen Micrococcus-Ballen und dem räthselhaften „*Ascococcus*“ erfüllt.

V. Die Luft im freien Waldterrain des botanischen Gartens.

Die Atmosphäre des botanischen Gartens wurde vom 23. Juni bis 5. Juli 1878 vier Mal von mir untersucht. Hiezu habe ich für jeden Versuch nur zwei Waschcylinder genommen, während zwei andere gleichzeitig in später zu schildernder Weise die Bodenluft der betreffenden Stelle einsaugten. Zwei Versuche wurden also mit Malz- und Fleischextract-Lösung, ein dritter mit Malzextract und mineralischer Nährlösung und ein vierter endlich mit letzterer und mit Fleischextract-Lösung angestellt. Das Resultat war folgendes:

Malzextract-Lösung. Versuch 1. Wenig trübe; Mycelflöckchen. Die Trübung rührt her von beweglichen, undeutlich geglieder-

ten Bacillen, zu zweien oder mehreren hintereinander, oder in unregelmässigen Gruppen vereinigt (fig. 11b). Im Innern der Bacillen befinden sich kleine reihenförmig geordnete dunkle Körnchen. Das Mycel erweist sich als zu *Rhizopus nigricans* gehörig.

Versuch 2. Trübe; unter dem Mikroskop erkennt man dieselben Bacillen, wie bei dem vorhergehenden Versuche und ausserdem Micrococcen, meist paarweise frei schwimmend (Fig. 11d).

Versuch 3. Sehr trübe. Das Mikroskop zeigt sehr viele Microphyten: ziemlich lange, gebogene Fäden in Leptothrixform, wahrscheinlich einem Bacillus angehörig; die einzelnen Glieder der Fäden sind lang und an beiden Enden abgerundet (Fig. 11a). Ausserdem finden sich dieselben Bacillen und Micrococcen wie bei dem vorhergehenden Versuche (Fig. 11b). Grosse, körnige cylindrische Zellen, scharf vierkantig oder abgerundet, seltener concav eingedrückt, zwei oder mehrere hintereinander in mehr oder weniger weiten Abständen (Fig. 11c u. e), sind in Gruppen oder vereinzelt unter die genannten Organismen eingestreut.

Fleischextract-Lösung. Versuch 1. Trübe. In Klumpen zusammengeballter Micrococcus von beträchtlicher Grösse vorhanden (Fig. 12a).

Versuch 2. Wenig trübe; Absatz. Das Mikroskop zeigt den soeben genannten Micrococcus (Fig. 12a) und unbewegliche Bacillen (Fig. 12b).

Versuch 4. Trübe. Es sind kurze und schmale, an den Ecken abgerundete Bacillusstäbchen vorhanden, welche nicht in Reihen zusammengekettet, sondern stets isolirt, aber in grossen Massen angehäuft sich vorfinden (Fig. 13). Untermischt sind diese feinen Stäbchen mit einer robusteren Bacillusform (Fig. 13 oben), welche bei der Sporenbildung in lange und dicke, deutlich gegliederte Leptothrix-Fäden auswächst; diese haben zahlreich in wirren Schlingen und Bogen die Flüssigkeit durchwachsen, während die feineren Bacillen massenhaft an ihnen gleich Haftpunkten sich festsetzten (Fig. 13). Die Sporenbildung erfolgt bei dieser Leptothrix nach Art des *Bacillus subtilis* derart, dass sich in jedem Fadenglied eine glänzende oblonge, Spore, 2—3 mal so lang als breit, entwickelt (Fig. 13).

Mineralische-Nährlösung. Versuch 3 u. 4. In beiden Fällen bleibt die Flüssigkeit klar und Bacterienfrei.

Es ergab also die Untersuchung der Atmosphäre sowohl in Malz- als Fleischextract-Lösung stets Trübung, von eigenthümlichen Micrococcus- und Bacillus-Formen herrührend. Dagegen zeigte sich hier wieder, was schon aus früheren Versuchen hervorgegangen war, das

Klarbleiben der mineralischen Nährlösung und die Abwesenheit des gemeinsten aller Bacterien, des *B. Termo,* welches ja in dieser Nährflüssigkeit alle Bedingungen seines Gedeihens vorgefunden hätte.

VI. Die Bodenluft.

a) Im botanischen Garten.

Dieselbe wurde vom 23. Juni bis 5. Juli 1878 drei Mal untersucht. Hierzu habe ich zwei Mal die Waschcylinder mit Malz- und Fleischextract-Lösung und ein Mal mit Malzextract und mineralischer Nährlösung gefüllt. Während der ganzen Versuchsdauer herrschte stets schönes Wetter; der Boden selbst bestand aus fester, sehr humusreicher Dammerde. Die Anordnung des Apparats war derart, dass die Bodenluft in die mit Nährlösungen gefüllten Waschcylinder durch 4 Fuss lange zinnerne Röhre gelangte, deren eines Ende stark gebogen, mit dem saugenden Glasrohr des Waschcylinders in Verbindung stand und vermittelst Wachs hermetisch daran befestigt wurde; das andere freie Ende dagegen habe ich bis zwei Fuss tief in den Boden hineingelassen. Ehe ich diese Zinnröhren jedoch an dem Apparate anbrachte, waren sie stark erhitzt und gleich darauf an beiden Enden mit Salicylwatte verstopft worden. Letztere wurde erst unmittelbar vor dem Gebrauch entfernt. Nach vorsichtigem Eingraben der Röhren in den Boden suchte ich durch Feststampfen des Erdreichs rings um dieselben etwaige directe Communication mit der Atmosphäre zu verhindern. Das Resultat war folgendes:

Malzextract-Lösung. Versuch 1—3. Blieb klar und Bacterienfrei.

Fleischextract-Lösung. Versuch 1. Wenig trübe. Das Mikroskop zeigt sehr lebhaft bewegliche und schlanke Bacillen, häufig zu zweien vereinigt (Fig. 10).

Versuch 2. Trübe, später erfolgt geringe Klärung der Flüssigkeit. Auf der Oberfläche schwimmt ein zusammenhängendes faltiges Häutchen; dasselbe ist blassziegelroth gefärbt, von oben gesehen besitzt es rosarothe Farbe. Diese Haut sowohl als die Färbung der Flüssigkeit wird von Unmassen ruhender Bacillen gebildet, die zum Theil in lange bogig gekrümmte Leptothrixfäden ausgewachsen sind, (Fig. 12); in den Fadengliedern, welche später auseinanderfallen, bilden sich im Innern langelliptische, nicht besonders scharf abgegrenzte Sporen aus (Fig. 12c. u. d). Hiebei gewinnen die Fäden durch Verschleimung ihrer Membranen an Breitendurchmesser und nicht selten findet man nach erfolgter Reife die Sporen im

Schleim freiliegend, grössere oder kleinere Gruppen darstellend (Fig. 12 d). Diese Bacillenform erinnert in der Farbe ihrer Sporen an unseren bereits oben beschriebenen *Bacillus erythrosporus.*

Mineralische Nährlösung. Versuch 3. Ist klar und Bacterienfrei geblieben.

Merkwürdig bei diesen Versuchen ist, dass sowohl Malzextract als mineralische Nährlösung klar geblieben sind, gegenüber der infolge Entwicklung von Bacterien im Fleischextract aufgetretenen Trübung.

b) Bodenluft im Hofraum des pflanzenphysiologischen Instituts.

Einmaliger Versuch am 30. Mai 1878. Der betreffende Boden ist hart und steinig; er besteht aus Schutt, altem Mauerwerk, thierischen Knochenresten etc. Die freien Enden der zinnernen Röhren ragten 2 Fuss tief in den Boden hinein. Es wurde der Versuch angestellt mit zwei Waschcylindern, deren einer mit Malz-, der andere mit Fleischextract-Lösung gefüllt war. Während der Versuchsdauer regnete es ziemlich stark.

Malzextract-Lösung. Versuch 1. Ist klar und Bacterienfrei geblieben.

Fleischextract-Lösung. Versuch 1. Ist trübe geworden und hat einen Absatz gebildet, welcher aus verwirrten Fäden einer Torulaform besteht, d. h. einer Micrococcusform, deren kuglige Zellen zu Rosenkranzketten aneinander gereiht sind. Es finden sich ferner „Ascococcus"-Kugeln und kurze Fädenbildende Bacillen.

VII. Kloakenluft.

Diese Untersuchung wurde am 18. Juni ebenfalls im Hof des pflanzenphysiologischen Instituts vorgenommen und die Methode der Luftaufsaugung war der bei der Bodenluft in Anwendung gebrachten analog, mit Ausnahme der Abänderung, dass die freien Enden der Zinnröhren durch ein in den Deckel des Kloaken-Reservoirs geschnittenes Loch eingeführt wurden. Der Versuch wurde vier Mal mit je zwei Waschcylindern wiederholt. Für die ersten zwei Versuche diente einmal mineralische Nährlösung und Malzextract, das andere Mal die mineralische und Fleischextract-Lösung. Bei den anderen zwei Versuchen wurden beide Waschcylinder einmal nur mit Malz-, ein zweites Mal nur mit Fleischextract-Lösung gefüllt. In letzterem Falle wollte ich nämlich je einen Waschcylinder als Control-Versuch benutzen und habe zu diesem Zweck die freie Oeffnung des mit ihm verbundenen Zinnrohrs mit

Watte verstopft. Auf diese Weise war es ermöglicht, dass in den einen Cylinder ausschliesslich nur filtrirte Kloakenluft gelangen konnte, während der zweite dieselbe Nährflüssigkeit enthaltende Cylinder durch sein offen gelassenes Zinnrohr ohne Weiteres und unfiltrirt die Kloakenluft aufsaugte. Folgendes ist das Ergebniss:

Controlcylinder. Versuch 3 und 4. Durchaus klar und Bacterienfrei geblieben.

Malzextract-Lösung. Versuch 1. Wenig trübe. Dicke, langsam bewegliche Bacillen vorhanden, häufig zwei zusammen (Fig. 8a).

Versuch 3. Sehr trübe. Mikroskopisch finden sich lange, gewundene und gedrehte Leptothrix-Fäden (Fig. 9a), ferner dieselben beweglichen Bacillen wie bei dem vorhergehenden Versuche (Fig. 8a).

Fleischextract-Lösung. Versuch 2. Sehr trübe. Mikroskopisch untersucht, erkennt man zahllose grössere Micrococcen, dicht aneinander gelagert und unregelmässige Gruppen in Form ausgedehnter Netze darstellend (Fig. 8b).

Versuch 4. Trübe. Ovale, sehr grosse Micrococcus-Zellen, zwei oder mehrere in einer Reihe perlschnurartig verbunden (Fig. 9b).

Auch bei dieser Versuchsreihe waren also wie bei meinen sämmtlichen Experimenten die Controlcylinder rein und klar geblieben und auch die mineralische Nährlösung blieb völlig frei von Organismen. Dagegen haben sich Malz- und Fleischextract-Lösung zwei Mal durch Entwickelung von Bacterien getrübt.

Um mir über eine eventuell pathogene Wirkung der hierbei erhaltenen Bacterien Gewissheit zu verschaffen, applicirte ich dieselben zwei Kaninchen vermittelst eines Klystiers von etwa 60 Gramm Flüssigkeit und zwei anderen führte ich je ein Gramm derselben mittelst der Pravaz'schen Spritze direct in die Vena jugularis interna ein. Alle diese Inficirungen waren jedoch ohne irgend welche schädliche Folgen für die Versuchsthiere.

Aus obigen Beobachtungen lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

1) In der Luft sind zahlreiche entwicklungsfähige Bacterienkeime suspendirt.

2) Durch die von uns angewendete Methode können diese Keime aufgesammelt, zur Entwicklung und Vermehrung gebracht, und in Folge dessen auch systematisch unterschieden und bestimmt werden.

3) Für sehr verschiedene Arten von Bacterien, insbesondere von Micrococcen und Bacillen, ist die Anwesenheit entwicklungsfähiger Keime in der Luft durch unsere Methode bereits nachgewiesen; zum

grössten Theil waren dieselben in anderen Medien bereits früher aufgefunden; ein Theil von sehr eigenthümlichen Formen war bisher noch nicht sicher erkannt worden.

4) Dagegen hat sich für viele Bacterien, welche sich in gährenden Substanzen gewöhnlich entwickeln, die Anwesenheit von Keimen in der Luft noch nicht nachweisen lassen; dies gilt insbesondere für das geminzte Bacterium Termo, das wir als das eigentliche Ferment der Fäulniss ansehen, ebenso auch für die Spirillen, Spirochaeten und viele andere.

5) In der aus dem Boden aufgesaugten Luft ist die Anwesenheit von Bacterienkeimen für einzelne Fälle nachgewiesen worden.

6) Dagegen hat sich die Luft der stark belegten Krankenzimmer eines Flecktyphushospitals frei gezeigt von entwicklungsfähigen Bacterienkeimen, vermuthlich in Folge wirksamer Ventilation und Desinfection.

7) Die aus einer Kloake aufsteigende Luft war reich an entwicklungsfähigen Bacterienkeimen.

8) Die Zahl der in dieser ersten systematischen Untersuchung gemachten Beobachtungen und Experimente ist nicht ausreichend um festzustellen, ob der Verschiedenheit der in verschiedenen Orten aus der Luft aufgesammelten Bacterien eine wesentliche, insbesondere in gewissen Lokalitäten eine pathogene Bedeutung zukommt; die bisherigen Versuche ergaben jedoch ein negatives Resultat.



Figuren-Erklärung.

Tafel VII.

Fig. 1. Zimmerluft des Pflanzenphysiologischen Instituts, in Fleischextrakt gewaschen, Häutchen: *Bacillus erythrosporus*, längere und kürzere Stäbchen, beweglich*) oder ruhend, später in Fäden auswachsend, die in Bündel gelagert, schwimmende Schüppchen oder Häutchen bilden, und in deren Gliedern ovale rothe Sporen in Ketten entstehen, die durch Schleim verbunden bleiben p. 128.

Fig. 2. Zimmerluft des Pflanzenphysiologischen Instituts, in Malzextrakt gewaschen, Absatz: Micrococcuszellen, perlschnurartig in Fäden gereiht (Streptococcus Billroth Coccob. sept. Tab. I. Fig. 8; Torulaform Cohn) p. 127.

Fig. 3. Desgl., Fleischextrakt, Absatz: Sarcinaartige Micrococcus-Gruppen (*Sarcinoide* Billroth l. c. Tab. I. Fig. 5), in weiten Gallertkapseln nach Art von Ascococcus eingeschlossen, umschwärmt von den Bacillen aus Fig. 4, und einzelnen Torulaketten (vgl. Fig. 2) p. 128.

Fig. 4. Desgl., Fleischextrakt, Häutchen: Schwärmende Bacillen, später unbewegt, zu schleimigen Massen vereinigt p. 128.

Fig. 5. Desgl., Fleischextrakt, trübe Flüssigkeit: freie Micrococcuszellen zu 2, 4 und mehreren gruppirt p. 129.

Fig. 6. Desgl., Malzextrakt, Absatz: a. schwärmende Bacillen mit beginnender Sporenbildung;

b. dunkelkörnige, dicke cylindrische Zellen in kurze Fäden gereiht p. 128.

Fig. 7. Desgl., a. Malzextrakt, Häutchen: aus Micrococcus gebildet, der eine schwimmende Zoogloeamasse bildet;

b. Fleischextrakt, Flüssigkeit: schwimmende Micrococcen, oval oder rund, grössere und kleinere, meist paarweis verbunden, untermischt mit sehr unregelmässigen bisquitförmigen Formen;

c. dazwischen dicke unbewegliche Bacillen (*B. Ulna?* Cohn) p. 129.

Fig. 8. Kloakenluft aus dem Physiologischen Institut, a. Malzextrakt, trübe Flüssigkeit: Bacillen beweglich, einzeln oder paarweise;

b. Fleischextrakt, trübe Flüssigkeit: schwimmende Micrococcen dicht aneinander gelagert und zu netzförmigen Gruppen verbunden p. 136.

Fig. 9. Desgl., a. Malzextrakt: Leptothrixfäden, aus den Bacillen Fig. 8a hervorgangen;

b. Fleischextrakt, trübe Flüssigkeit: ovale grössere Micrococcen p. 136.

Fig. 10. Bodenluft des botanischen Gartens, Fleischextrakt; Flüssigkeit: bewegliche Bacillen schlank und lang p. 134.

---

*) Die beweglichen Zustände sind auf den Tafeln durch Punkte an den Enden der Stäbchen angedeutet.

Tafel VIII.

Fig. 11. Waldluft, botan. Garten, Malzextrakt, trübe Flüssigkeit: a. lange schlanke Bacillen, in Leptothrixfäden auswachsend; b. kurze dünne Bacillen, beweglich, in Zickzackketten; c. grosse feinkörnige cylindrische Zellen in kurzen Reihen (vergl. Fig. 6 Tab. VII.); d. kleine Micrococcen, meist zu 2 p. 132—133.

Fig. 12. Desgl., Fleischextrakt, Absatz: a. grössere Micrococcen zu Bacillen vereinigt; b. unbewegliche schlanke Bacillen p. 133.

Fig. 13. Desgl., Fleischextrakt, Häutchen: dicke Bacillen in bogigen Fäden mit langen cylindrischen Gliedern auswachsend, in denen oblonge Sporen sich bilden (vergl. Billroth Taf. III. Fig. 39 *Streptobacteria Pericardii*), untermischt mit einer dünnen und kurzen Bacillusform (am oberen Rande der Zeichnung) p. 133.

Fig. 14. Sectionszimmer des path. Instituts, Malzextrakt: a. lange schlanke Bacillen mit toruloser Gliederung; b. Micrococcen in sarcinoiden Gruppen (vergl. Billroth l. c. Tab. I. Fig. 5) p. 130.

Fig. 15. Desgl., Fleischextrakt: a. dicke, kurze, unbewegliche Bacillen in deutlich gegliederten langen Fäden gereiht, in deren Gliedern vierkantige, stark Lichtbrechende Sporen entstehen; b. letztere durch Zerfallen der Glieder isolirt; c. bewegliche Bacillen, fein, am Ende oft löffelförmig angeschwollen, behufs Sporenbildung (vergl. Billroth Taf. IV. Fig. 39 von saurem Milchserum); d. Micrococcen frei oder (e) in dicke chagrinirte Häutchen vereinigt p. 130.

Fig. 16. Desgl., Mineral. Nährlösung: a. unbewegliche schlanke Bacillen; b. eine andere stärkere Bacillusform mit kürzeren ovalen, oft in Ketten vereinigten Gliedern; c. Micrococcen; d. grössere Gebilde von unbestimmter Gestalt (vergl. Billroth l. c. Tab. I. Fig. 3e.) p. 130—131.

Fig. 17. Desgl., Fleischextrakt, Flöckchen: a. ovaler Micrococcus; b. kurze unbewegliche Bacillen.

Fig. 18. Operationszimmer der chirurgischen Klinik, Fleischextrakt, Häutchen: a. lange Bacillus- (Leptothrix-) Fäden; b. dicke, wurstförmige, unregelmässig eingekerbte, feinkörnige Massen (*Ascococcus parvus* Billroth; vergl. insbesondere l. c. Tab. IV. Fig. 36c. palmelloide Wucherung und Furchung von Ascococcus aus gekochtem Fleischwasser und Eiweisslösung); c. Micrococcus, kleine Kügelchen, freischwimmend, meist paarweise; d. feine bewegliche Bacillen mit ovalen, oblongen, röthlichen Sporen (Köpfchenbacillen) p. 131.

Fig. 19. Desgl., Mineral. Nährlösung: dicke Rahmhaut, gebildet aus freischwimmendem Micrococcus c. und kugligen Massen kleiner Micrococcusähnlicher Kügelchen, in unregelmässig knolligen Gruppen vereinigt, nackt a. oder mit Gallerthof umgeben b; (*Ascococcus parvus* Billroth l. c. T. III. Fig. 22) p. 131.

IX.

Ueber Einwirkung des electrischen Stromes auf die Vermehrung von Bacterien.

Von

Dr. Ferdinand Cohn und Dr. Benno Mendelsohn.

Im Jahre 1875 veröffentlichte Schiel eine Reihe von Versuchen über die Einwirkung des electrischen Stromes auf Bacterienhaltige Flüssigkeiten [1]). Er glaubte hierbei folgende Resultate erhalten zu haben:

1) Der Gährungspilz ist gegen einen starken Strom unempfindlich; wird letzterer durch eine gährende Flüssigkeit geleitet, so veranlasst er eine noch stürmischere Gährung.

2) Die in einem Heuaufguss befindlichen Organismen besitzen eine grosse Widerstandsfähigkeit gegen den galvanischen Strom, erst nach halbstündiger Einwirkung eines starken Stromes wird alle Zellbewegung vollständig aufgehoben, so dass selbst nach 24 Stunden sich keine Bewegung zeigt.

3) Die Organismen in faulendem Fleischsaft vermindern die Lebhaftigkeit ihrer Bewegung nicht durch einen fünf Minuten hindurch geleiteten starken Induktionsstrom, dagegen wurde durch einen Batteriestrom von 6 Elementen nach 10 Stunden die Bewegung der Zellen aufgehoben und allem Anscheine nach ihre Zahl vermindert.

4) In Pasteurscher Flüssigkeit gezüchtet, zeigten diese Organismen nach 6 Tagen keine Ortsveränderung; ihre wenig grosse Beweglichkeit wurde durch einen mässigen Induktionsstrom noch mehr herabgesetzt, bei vielen ganz aufgehoben; gegen den constanten Strom zeigten sie sich ausserordentlich wenig widerstandsfähig.

---

[1]) Electrotherapeutische Studien. Deutsches Archiv für klinische Medizin. Band 15 p. 190—194.

5) In einem Gemisch von Fleischflüssigkeit und Pasteurscher Flüssigkeit zeigte sich nach 24stündiger Einwirkung eines Stromes von 2 Kohlenzinkelementen selbst nach Verlauf von weiteren 24 Stunden noch keine Zellbewegung.

6) Wurde eine Fleischinfusion mit einigen Kubikcentimetern obiger Bacterienbrut versetzt und durch dieselbe mehrere Tage hindurch der Strom von 2 Kohlenzinkelementen hindurch geleitet, so zeigten die Bacterien nur schwach oscillirende Bewegung ohne Ortsveränderung. Die Flüssigkeit war am vierten Tage klarer und es zeigte sich kein Fäulnissgeruch.

7) Wurde durch geeignete Vorrichtungen der Einfluss der electrolytischen Gase eliminirt, so hörte im faulenden Fleischsaft die Ortsveränderung derselben nach ¼—½ Stunde vollständig auf. —

Hieraus schliesst Schiel: „dass ein schwacher Strom genügt, um die Entwickelung der Bacterien zu hemmen."

Ausser der oben erwähnten Arbeit und einer kurzen Notiz von Schiel[1]), welche die obigen Resultate im Wesentlichen bestätigt, ist keine Untersuchung über das Verhalten der Bacterien gegen den electrischen Strom erschienen. Hiernach gebührt Schiel das Verdienst, diese interessante Frage zuerst angeregt, und ihre Lösung auf experimentellem Wege versucht zu haben. Allein es liegt auf der Hand, dass die von Schiel angestellten Versuche in keiner Weise geeignet sind, die Frage zum Austrag zu bringen, und es schien mir um so wünschenswerther, durch eine neue Untersuchung das Verhalten der Bacterien zum electrischen Strom klarzustellen, als Schiel selbst die Aussicht eröffnet hatte, dass aus demselben sich auch praktisch wichtige Schlussfolgerungen, namentlich mit Rücksicht auf pathogene Bacterien, würden ziehen lassen. Ich habe demnach mit Herrn Dr. Benno Mendelsohn in unserem Institute eine Reihe von Versuchen begonnen, deren Resultate nachstehend dargelegt werden sollen.

Schiel erschliesst die hemmende Wirkung des galvanischen Stromes auf die Entwickelung der Bacterien einzig und allein aus dem angeblichen Aufhören ihrer Bewegung. Dass derartige Beobachtungen aber nichts beweisen, ergiebt sich schon aus der bekannten Thatsache, dass Bacterien ihre Bewegungen für kürzere oder längere Zeit einstellen können, um später ihr Schwärmen von Neuem zu beginnen; viele Bacterien gehen selbst dauernde Ruhezustände ein,

[1]) Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft 1879. April.

ohne deshalb abgestorben zu sein, vielmehr sind sie in diesem Zustande (der Zoogloeaform) der lebhaftesten Entwicklung und Vermehrung fähig.

Wir besitzen nur folgende zuverlässige Kennzeichen für den Nachweis, ob in einer Flüssigkeit die Bedingungen zur Entwickelung von Bacterien enthalten sind oder nicht:

a. Wenn eine durch längeres Kochen keimfrei gemachte Nährlösung, welche alle für diese Organismen erforderlichen Nährstoffe vollständig enthält, mit einem Tropfen der zu untersuchenden Flüssigkeit versetzt wird und nach 24 Stunden bei 30° C. keine Veränderung zeigt, sondern vollständig klar bleibt, so ist dadurch der Beweis gegeben, dass die geprüfte Flüssigkeit von entwicklungsfähigen Bacterienkeimen frei ist. Sind hingegen letztere in der zu untersuchenden Flüssigkeit vorhanden, und wird mittelst derselben eine Nährlösung unter den oben angegebenen Cautelen inficirt, so zeigt sich nach 24 Stunden die Nährlösung milchig getrübt und trägt an der Oberfläche eine grünliche Scheimschicht von cc. 1 cm Dicke, welche, wie die Trübung, von schwärmenden Bacterien veranlasst wird. Nur wenn die Nährlösung zu arm an Nährstoffen oder die Temperatur zu niedrig ist, wird die milchige Trübung etwas verzögert und tritt erst nach etwa 48 Stunden auf.

b. Bleibt eine Flüssigkeit, welche mit einem von lebenden Bacterien erfüllten Tropfen (Bacterientropfen) versetzt ist, bei 30° durch alle Zeit klar, so beweist dies, dass entweder die für Ernährung und Vermehrung von Bacterien nothwendigen Nährstoffe nicht vollständig in der Flüssigkeit vorhanden sind, oder dass dieselbe Stoffe enthält, welche die Vermehrung der Bacterien verhindern, dass dieselbe für Bacterien sterilisirt ist.

Dieses Erkennungsmittel ist nun durchgängig in den folgenden Untersuchungen angewendet worden, um die Einwirkung des electrischen Stromes auf die Entwickelung der Bacterien in Nährflüssigkeiten zu prüfen. Da es bei derartigen Untersuchungen erforderlich ist, auch in den Zersetzungsprozess, den der Strom in der Nährlösung bewirkt, einen Einblick zu gewinnen, so wurden als Nährflüssigkeit nicht die complex zusammengesetzten organischen Infusionen, sondern unsere mineralische Nährlösung benutzt, welche auf 200 ccm Wasser, 1 g phosphorsaures Kali (K_2HPO_4), 1 g schwefelsaure Magnesia, 2 g neutrales weinsaures Ammoniak und 0,1 g Chlorcalcium enthält.

I. Versuchsreihe.

Einwirkung des constanten Stromes auf die Entwickelung der Bacterien in einer mineralischen Nährlösung.

1. Die Versuche wurden zuerst so angestellt, dass Reagirgläschen oder kleine Glascylinder mit je 10—20 ccm der klaren Nährlösung angefüllt und sodann vermittelst einer Pipette mit ein bis zwei Tropfen einer von Bacterien reich erfüllten Flüssigkeit (Bacterientropfen) inficirt wurden. Durch diese Nährlösung wurden galvanische Ströme von verschiedener Stärke vermittelst zweier Platinstreifen, die bis zum Boden der Glascylinder eintauchten und an die Poldrähte der Elemente angelöthet waren, durchgeleitet. Die beiden Platinelectroden wurden durch einen dazwischen gesteckten Glasstab auseinander gehalten. Als Controle wurde bei allen diesen Versuchen gleichzeitig ein Glascylinder mit der nämlichen Nährlösung unter dieselben Bedingungen gebracht, ohne der Einwirkung des Stromes ausgesetzt zu sein; er soll fernerhin kurz als Controlcylinder bezeichnet werden.

Versuch 1. Ein Reagirgläschen von 15 mm Querdurchmesser wurde mit cc. 10 ccm Bacteriennährlösung gefüllt und mit einem Bacterientropfen inficirt; durch die Flüssigkeit wurde ein Strom von einem Daniellschen Elemente 24 St. bei 35° geleitet. Nach dieser Zeit war die geprüfte Flüssigkeit und der Controlcylinder, auf den also kein Strom gewirkt hatte, fast gleichmässig trübe; unter dem Mikroskop zeigte sich in beiden Fällen die ungeheure Vermehrung von Bacterien als Ursache der Trübung. Der Strom von einem Daniellschen Elemente hatte keine erkennbare Wirkung ausgeübt.

2. Die Daniellschen sogenannten constanten Elemente haben den Nachtheil, dass die Stromstärke aus mehrfachen Ursachen nach einigen Stunden bedeutend nachlässt; es wurden deshalb bei den späteren Versuchen nur die Marié-Davyschen Flaschenelemente benutzt. Dieselben bestehen aus 2 Kohlen- und 1 zwischen ihnen angebrachten Zinkplatte, welche in eine Flüssigkeit von folgender Zusammensetzung eintauchen: 250 g schwefelsaures Quecksilberoxyd, gelöst in 100 g englischer Schwefelsäure und verdünnt mit 1000 g Wasser. Diese Elemente zeichnen sich nicht allein durch ihre bequeme Handhabung, sondern auch durch grosse Constanz der Stromstärke aus. Bei frischer Füllung zeigte sich, an einem Siemensschen Tangenten-Galvanometer gemessen, nach 24 und selbst 48 stündiger ununterbrochener Thätigkeit keine bemerkbare Verminderung der Stromstärke. Erst wenn der grösste Theil des

Quecksilbers aus der Lösung ausgefällt ist, beginnt die Leistung dieser Elemente unsicher zu werden.

Versuch 2. Ein Reagirglas, wie bei Versuch 1 mit Nährlösung gefüllt und mit einem Bacterientropfen inficirt, wurde 24 St. der Stromwirkung eines Marié-Davyschen Elementes ausgesetzt. Nach dieser Zeit war die Versuchsflüssigkeit getrübt, jedoch auffallend weniger als die Flüssigkeit des gleichzeitig in Gang gesetzten Controlversuches ohne Electricität; letztere war wie gewöhnlich milchig getrübt und mit einer grünen Schleimschicht bedeckt.

3. Versuch 3. Um zu ermitteln, in wie fern sich die beiden Pole verschieden verhalten, wurde ein Urohr von 14 cm Länge, dessen Schenkelröhren 15 mm Durchmesser hatten und 35 mm von einander entfernt waren, zu $^2/_3$ der Höhe mit der Nährlösung gefüllt, beide Schenkel mit je 1 Bacterientropfen inficirt und das Ganze an einem Gestell vertikal befestigt. Die Poldräthe eines Flaschenelementes tauchten in die Schenkel bis nahe zum Boden ein. Nachdem nun der Strom 24 St. bei 30° durch die Flüssigkeit im Urohr circulirt hatte, zeigte sich diese in beiden Schenkeln getrübt, jedoch weniger stark als im Controlcylinder.

Die obigen Versuche ergeben, dass die 24stündige Einwirkung des Stromes von einem Daniellschen Elemente gar keinen, die von einem Marié-Davyschen Flaschenelemente einen retardirenden Einfluss auf die Entwickelung der Bacterien ausübt. Bei dem grossen Leitungswiderstande der Flüssigkeit schien die Stromstärke eines Flaschenelementes nicht hinreichend zu sein, um entscheidende Resultate zu geben, es wurde deshalb bei den folgenden Versuchen stets eine aus 2 Marié-Davyschen Elementen zusammengesetzte Kette benutzt. Dieselbe ergab bei frischer Füllung an dem Galvanometer einen Ausschlag von 90°, der nach kurzer Benutzung auf 75° sank und selbst nach 48stündigem ununterbrochenen Gebrauche sich fast gar nicht mehr in der Stärke verminderte. Da nun die electrolytische Wirkung der magnetischen proportional gesetzt werden kann, so kann man wohl bei den verschiedenen Versuchen auch auf eine gleichmässige Wirkung der chemischen Zersetzung in der Nährlösung schliessen.

4. Versuch 4 wurde ganz wie Versuch 3 angestellt, jedoch waren hier die Platinelectroden mit den Poldräthen einer Batterie von 2 Flaschenelementen verbunden. Die Platindrähte wurden durch 2, die Schenkel des Urohrs schliessende, durchbohrte Korke in ihrer

Lage festgehalten. Die mit dem Kohlepol verbundene Electrode ist hier die positive, die mit dem Zinkpol verbundene die negative Electrode. Von den Schenkeln des U rohrs wird fortan der die positive Electrode enthaltende als C, der die negative Electrode enthaltende als Zn bezeichnet werden. Nach 24 stündiger Einwirkung des Stromes bei 30° C. zeigte die Flüssigkeit im Zn Schenkel eine geringe Trübung, in derselben fand eine starke Gasentwickelung statt, so dass die Oberfläche der Flüssigkeit mit Schaum bedeckt war; es hatten sich ferner Krystalle von phosphorsaurer Ammoniakmagnesia ausgeschieden, die Flüssigkeit reagirte ganz schwach sauer oder neutral, während die unzersetzte Nährlösung deutlich sauer reagirte.

Im C schenkel reagirte die Flüssigkeit sehr stark sauer und war hier weder Gasentwickelung nach Krystallausscheidung zu bemerken, die Flüssigkeit war vollkommen klar geblieben. Der Controlcylinder zeigte die Flüssigkeit milchig getrübt und mit einer grünen Schleimschicht bedeckt.

5. Es hatte somit im U rohr bei Einwirkung eines Stromes von 2 Marié-Davyschen Flaschenelementen eine electrolytische Zersetzung der Nährflüssigkeit stattgefunden, gleichzeitig war die Vermehrung der Bacterien im Zn schenkel, also an der negativen Electrode sehr stark vermindert, im C schenkel, also an der positiven Electrode so vollkommen aufgehoben, dass sie wenigstens makroskopisch nicht wahrnehmbar war. Dieses nämliche Resultat wurde jedesmal erlangt, so oft auch der Versuch wiederholt wurde.

Zur genaueren Untersuchung der Flüssigkeiten in beiden Schenkeln musste der Versuch derart abgeändert werden, dass nachträgliche Diffusion der Schenkelflüssigkeiten gegen einander nach dem Aufhören der Stromwirkung verhindert werden konnte. Es wurde deshalb das U rohr in der Mitte der Biegung durchgeschnitten, die Hälften durch ein, mittelst Alkohol desinficirtes, kurzes Stück Kautschuckschlauch verbunden und an dieses ein Quetschhahn derart angelegt, dass die beiden Schenkel unmittelbar vor Unterbrechung des Stromes vollkommen abgeschlossen werden konnten.

Die in dieser Weise mittelst zweier Flaschenelemente angestellten Versuche ergaben nach 24 Stunden, dass wie bisher die Flüssigkeit im Zn schenkel von Bacterien getrübt und mit abgeschiedenen Krystallen von phosphorsaurer Ammoniakmagnesia bedeckt, die Reaction sehr schwach sauer oder neutral war; die Flüssigkeit am C pole reagirte stark sauer und war vollkommen klar geblieben. Blieb nach Schliessung des Quetschhahnes und Unterbrechung des Stromes der Apparat

noch weitere 24—48 Stunden bei 30° stehen, so nahm weder die Trübung der Flüssigkeit im Znschenkel merklich zu, noch auch wurde die Klarheit der Flüssigkeit im Cschenkel im mindesten getrübt, auch bei noch längerem Stehenbleiben trat hier niemals eine Trübung ein. Während nun das Mikroskop im Znschenkel als Ursache der Trübung zahlreiche Bacterien in lebhafter Schwärmbewegung nachwies, zeigten sich im Cschenkel nur ganz vereinzelte anscheinend unbewegliche Bacterien; dagegen entwickelte sich meist bei längerem Stehen an der Oberfläche der Flüssigkeit im Cschenkel eine Kahmhaut von sprossenden Hefezellen, in einzelnen Fällen kamen auch schwimmende Mycelflöckchen zur Entwickelung. Die Bacterien waren nach einiger Zeit verschwunden und nur Sprossenverbände von Hefezellen vorhanden.

6. Um zu ermitteln, in welcher Zeit der electrische Strom im Stande ist, die oben beschriebenen Wirkungen hervorzurufen, wurde der Versuch 4 in der Weise abgeändert, dass der Strom 6, 12 und 48 St. durch die Flüssigkeit circulirte. Es ergab sich, dass eine 6stündige Einwirkung des Stromes nicht ausreicht, um im Cschenkel die Entwickelung der Bacterien zu verhindern, indem beide Schenkel 24 Stunden nach Unterbrechung des Stromes getrübt waren. Dagegen reichten 12 Stunden der Stromwirkung in der Regel aus, um den Cschenkel zu sterilisiren, während der Znschenkel sich trübte. Eine 48stündige Einwirkung des Stroms zeigte nur die oben erwähnten Erscheinungen: völlige Klarheit im Cschenkel, mässige Trübung im Znschenkel, während im Controlcylinder die reichlichste Bacterienentwickelung stattgefunden hatte.

Selbst wenn die Flüssigkeit am + Pol nachträglich auf's Neue mit 1—2 Bacterientropfen inficirt wurde, blieb eine Vermehrung derselben gänzlich aus, auch bei längerem Stehen entstand keine Trübung, wohl aber bildete sich nach einiger Zeit eine Kahmhaut von Saccharomyces auf der Oberfläche.

Die Flüssigkeit im Cschenkel war demnach durch einen Strom von 2 Elementen für Bacterien sterilisirt worden; gleichwohl waren die in ihr vorhandenen Bacterienkeime nicht getödtet, wie folgender Versuch ergab: Zwei Reagenzgläschen mit gekochter Nährlösung, die sich wochenlang nicht getrübt hatten, also vollständig desinficirt waren, wurden vermittelst ausgeglühter Pipette mit je 1 bis 2 Tropfen von jener Flüssigkeit inficirt, die im Cschenkel 24 Stunden der Stromwirkuug von 2 Flaschenelementen ausgesetzt gewesen war. Die Reagenzgläser wurden mit Watte verschlossen und sodann 24 Stunden in einem Wärmkasten bei 30° stehen gelassen,

sie waren am folgenden Tage mit Bacterien getrübt, während ein gleichzeitig angestellter, nicht inficirter Controlcylinder klar geblieben war.

Dass die Flüssigkeit im Zn schenkel während der Zeit des Stromdurchganges eine weit geringere Trübung als die Flüssigkeit im Controlcylinder zeigt, ist bereits bemerkt worden; auch durch Zusatz eines frischen Bacterientropfens wird die Trübung im Zn schenkel nicht erheblich vermehrt; dagegen veranlasst ein Tropfen der Flüssigkeit aus dem Zn schenkel in frische gekochte Nährlösung übertragen, nach 24 Stunden bei 30° C. die gewöhnliche milchige Trübung und Schleimbildung.

Hierdurch ist festgestellt:

1) Durch 24 stündige Einwirkung eines constanten electrischen Stromes von 2 Flaschenelementen wird eine Nährlösung am + Pol in Bezug auf Bacterien vollständig sterilisirt, da weder die der Stromwirkung ausgesetzten, noch auch nachträglich zugeführte Bacterienkeime sich in ihr vermehren können.
2) Die Flüssigkeit am — Pol wird nicht vollständig sterilisirt, wohl aber wird sie nur in beschränktem Maasse für Ernährung und Vermehrung von Bacterien geeignet; die Schwärmbewegungen derselben werden nicht aufgehoben.
3) Dagegen werden weder am —, noch selbst am + Pole die Bacterien durch die Stromwirkung getödtet, da dieselben in frische Nährlösung übertragen, sich völlig normal vermehren.
4) Die für Bacterien sterilisirte Flüssigkeit am + Pol gestattet noch reichliche Vermehrung von Kahmhefe und Mycelpilzen.

7. In den bisherigen Versuchen war die Zersetzung der Nährflüssigkeit durch den electrischen Strom nur eine unvollkommene gewesen, was sich am deutlichsten in der fast neutralen Reaction der Flüssigkeit im Zn schenkel zeigte, sie hätte offenbar alkalisch reagiren müssen, wenn die Salze der Nährlösung ihre Basen vollständig nach der negativen Electrode hätten hinüber wandern lassen. Umgekehrt konnte in der Flüssigkeit im C schenkel stets noch die Anwesenheit von Ammoniakverbindungen nachgewiesen werden. Es liess sich vermuthen, dass in dieser unvollkommenen Zersetzung der Grund für die nur wenig gestörte Entwickelung der Bacterien am Zn schenkel zu suchen sei. Es musste deshalb festgestellt werden, ob nicht durch einen stärkeren Strom gleichzeitig mit einer vollständigeren Electrolyse der Nährlösung auch am Zn schenkel die Entwickelung der Bacterien gänzlich verhindert werden könnte. Diese Frage zu entscheiden wurden folgende Versuche angestellt.

Ein Urohr, in der oben angegebenen Weise zerlegbar, wurde wie bisher zu zwei Drittel mit Nährlösung gefüllt und seine beiden Schenkel mit je einem Bacterientropfen inficirt, alsdann durch das Urohr mittelst zweier, bis auf den Boden der Schenkel tauchenden Platinelectroden ein electrischer Strom von 5 kräftigen Elementen (drei grossen Bunsenschen Zink-Kohle- und zwei Marié-Davyschen Flaschenelementen) geleitet. Sofort beim Beginn des Versuches stiegen im Znschenkel Gasblasen in reichlicher Menge auf, aber auch im Cschenkel trat Gasentwickelung ein, wenn auch in sehr geringem Maasse. Nach 24 Stunden, während deren der Apparat sich in einer Temperatur von 30° befand, hatten sich jedoch die Gasbläschen auch am Kohlepol beträchtlich vermehrt, ihre Menge blieb jetzt nicht weit hinter der im Znschenkel aufsteigenden zurück. Am Boden des Znschenkels hatte sich eine beträchtliche Menge eines weissen, pulverigen, krystallinischen Niederschlags von phosphorsaurer Ammoniakmagnesia angesammelt.

Der Strom wurde nach 24stündiger Einwirkung unterbrochen, nachdem vorher die Schenkel des Urohres durch einen Quetschhahn geschieden worden waren. Die Flüssigkeit im Controlcylinder war nach dieser Zeit milchig getrübt und mit einer Schleimschicht bedeckt. Die Flüssigkeit im Urohr war in beiden Schenkeln völlig frei von Bacterien, im Cschenkel ganz klar und stark sauer, im Znschenkel von den oben erwähnten Krystallen schwach getrübt und stark alkalisch. Auch nach Verlauf von weiteren 24 Stunden trat keine Vermehrung von Bacterien ein.

8. Um zu beurtheilen, ob durch den Strom von 5 Elementen die Bacterien auch vollständig getödtet worden waren oder nicht, wurden mittelst eines geglühten Glasstabes 4 Cylinder mit gekochter und bei Watteverschluss erkalteter Nährlösung inficirt, und zwar 2 Cylinder mit je 3 Tropfen der Flüssigkeit vom Znschenkel, die beiden anderen mit je 3 Tropfen vom Cschenkel. Nach 48stündigem Stehen bei 30° war die Flüssigkeit in sämmtlichen 4 Cylindern vollkommen klar geblieben; auch nach mehrtägigem Stehen blieben die Flüssigkeiten unverändert, mit Ausnahme eines Cylinders, der durch den Wechsel des Watteverschlusses wahrscheinlich nachträglich inficirt worden war. In den zur Infection benutzten Tropfen waren demnach entwicklungsfähige Bacterienkeime nicht mehr vorhanden; die vor Beginn des Versuches zugesetzten Bacterien mussten demnach durch die Stromwirkung getödtet sein. Ausserdem war aber auch die Nährflüssigkeit selbst sterilisirt, d. h. zur Ernährung und Vermehrung von

Bacterien unfähig gemacht worden. Denn wenn die Flüssigkeit in beiden Schenkeln des Urohrs, welche 24 Stunden der Stromwirkung von 5 Elementen ausgesetzt gewesen, mit je einem Bacterien-Tropfen versetzt und dann drei Tage bei cc. 30° sich selbst überlassen wurde, so zeigte sich nach dieser Zeit nicht die mindeste Trübung der Flüssigkeit, die zugesetzten Bacterien hatten sich also nicht vermehrt.

9. Wie schon bemerkt, reagirte unmittelbar nach der Unterbrechung des electrischen Stromes von 5 Elementen die Flüssigkeit im Zn schenkel stark alkalisch, im C schenkel stark sauer; als aber 5 Tage später die Reaction derselben von neuem geprüft wurde, zeigte sich zwar im Kohleschenkel wie früher eine saure Reaction, die Flüssigkeit im Zn schenkel aber reagirte jetzt neutral. Demnach hatte die verschwundene Alkalicität der Flüssigkeit im Zn schenkel von einer flüchtigen Basis hergerührt.

Bei einer Wiederholung des Versuches, wo ein Strom von 5 Elementen durch eine Nährflüssigkeit im U rohr geleitet wurde, und sowohl die vollständige Sterilisation der Flüssigkeit, wie die Tödtung der zugefügten Bacterien in der oben beschriebenen Weise eintrat, erwies sich drei Tage später die Flüssigkeit im Zn schenkel noch schwach alkalisch, allein es verschwand die Bräunung des zur Prüfung der Reaction benutzten Curcumapapieres schon beim schwachen Erwärmen. Offenbar war jene flüchtige Base im Zn schenkel Ammoniak gewesen.

Erwärmte man von den Krystallen abfiltrirte Flüssigkeit aus dem Zn schenkel mit Kalilauge, so liess sich die Gegenwart von Ammoniak sehr deutlich erkennen; dagegen zeigte die Flüssigkeit vom C schenkel bei gleicher Behandlung nur Spuren von Ammoniak. Phosphorsäure war in beiden Schenkeln nur in sehr geringer Menge vorhanden.

Die Resultate dieser Versuche lassen sich kurz in den folgenden Sätzen zusammenfassen:

1) Der galvanische Strom einer Batterie von 5 kräftigen Elementen tödtet die in einer Nährflüssigkeit vertheilten Bacterien vollständig, wenn er 24 Stunden durch die Flüssigkeit circulirt; ein Tropfen dieser Flüssigkeit in frische Nährlösung übertragen, ruft keine Trübung hervor.
2) Die Nährflüssigkeit wird durch den Strom an beiden Polen vollkommen sterilisirt; auf's Neue zugeführte Bacterien entwickeln sich daher nicht in derselben.
3) Der Strom ertheilt der Flüssigkeit im C schenkel (+ Pol) eine stark saure, der im Zn schenkel (— Pol) eine stark alkalische

Reaction, letztere verschwindet nach einiger Zeit, da sie von einer flüchtigen Base, dem Ammoniak, herrührt.

4) Am +Pol findet eine reichliche Ausscheidung von phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia, an beiden Polen eine Entwicklung von Gasen statt.

10. Wir kommen nun zu der Cardinalfrage: Worauf beruhen die von uns nachgewiesenen Wirkungen electrischer Ströme auf die Vermehrung der Bacterien in mineralischen Nährflüssigkeiten?

Zur Entscheidung dieser Frage müssen wir näher auf die Wirkungsweise des Stromes eingehen. Nach den bekannten Thatsachen der Electrolyse werden am positiven Pole (hier in dem C schenkel) die Säuren und am negativen Pole (hier im Zn schenkel) die Basen in Freiheit gesetzt. In welcher Reihenfolge und Menge die in unserer Nährflüssigkeit vorhandenen Salze (H_2O, K_2HPO_4, $MgSO_4$, $CaCl_2$, $C_4O_6H_4 2 (NH_4)$) zersetzt werden, hängt von ihrer Leitungsfähigkeit für den electrischen Strom und von dem molecularen Zusammenhange der Atome in jenen Verbindungen ab. Es lag unserer Untersuchung fern, die Zwischenproducte dieser Zersetzung zu verfolgen; für unseren Zweck wird es genügen, nur die Endresultate derselben in's Auge zu fassen.

a) Unter den obwaltenden Umständen wird, so lange in unserer Nährlösung noch unzersetztes Ammoniaksalz vorhanden ist, am negativen Pol stets nur Ammoniak, als schwächste und flüchtigste Base, frei werden, welches Salz auch zuerst zersetzt werden mag. Bei der grossen Menge des vorhandenen weinsauren Ammoniaks wird selbst ein starker Strom längere Zeit circuliren müssen, um eine vollständige Zersetzung desselben zu bewirken. Das am —Pole frei werdende Ammoniak bewirkt aber die sofortige Bildung von schwerlöslicher phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia; daher tritt bei unvollständiger Zersetzung durch relativ schwache Ströme am —Pol keine alkalische Reaction ein. Nur bei sehr kräftiger Stromwirkung bleibt ein Theil des Ammoniaks in der Flüssigkeit gelöst; vermuthlich wird ein anderer Theil mit dem dort reichlich frei werdenden Wasserstoffe in die Luft fortgerissen.

Bei der Einwirkung von nur 2 Elementen reagirte die Flüssigkeit im Zn schenkel fast neutral und war daher der Entwicklung von Bacterien nicht hinderlich; dass jedoch die Vermehrung der Bacterien eine weit beschränktere war, als in unzersetzter Nährlösung, erklärt sich zur Genüge aus der Thatsache, dass die Flüssigkeit im Zn schenkel eines grossen Theils ihrer Nährstoffe durch Ausscheidung von phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia beraubt war.

b) Die am positiven Pole gleichzeitig vor sich gehenden Zersetzungen endigen mit dem Freiwerden der Säuren, welche in den Salzen der Nährlösungen enthalten sind, und zwar zunächst der Weinsäure, als der schwächsten und in grösster Menge vorhandenen Säure. Vermuthlich erleidet die Weinsäure jedoch theils durch den Strom selbst, theils durch den am + Pol frei werdenden Sauerstoff eine weiter gehende Zersetzung. Dass sich am + Pol Sauerstoffbläschen bei schwächeren Strömen gar nicht, bei kräftigeren nur in geringerem Maasse entbinden, ist sicherlich zum grössten Theile dieser Oxydation zuzuschreiben. Gleichwohl genügt die durch den Strom von 2 Elementen veranlasste Zersetzung der Flüssigkeit im C schenkel, um diese gänzlich zu sterilisiren, d. h. die Vermehrung der in ihr vorhandenen Bacterien zu verhindern, nicht aber um diese selbst zu tödten, da sie sich, in frische Nährlösung übertragen, in dieser weiter entwickeln.

Dagegen wird durch eine Batterie von 5 Elementen die Flüssigkeit im U rohr nicht blos im C schenkel sondern auch im Zn schenkel vollständig sterilisirt, wobei die letztere stark alkalisch wird, und die Bacterien werden in beiden Schenkeln getödtet.

11. Es entsteht hierbei die Frage: sind diese Wirkungen der Electricität als physiologische oder als chemische aufzufassen? beruhen sie auf specifischen Erregungen der Bacterien, oder auf der Electrolyse der Nährflüssigkeit? oder treten beide Effecte vereint in Wirksamkeit?

Für die Thatsache, dass sich die Bacterien in einer durch den Strom zersetzten Nährflüssigkeit nicht mehr entwickeln können, scheint die Abwesenheit unentbehrlicher Nährstoffe eine ausreichende Erklärung abzugeben. Wir haben bereits nachgewiesen, dass der Flüssigkeit im C schenkel das Ammoniak, im Zn schenkel die Phosphorsäure fehlt, Grund genug, um in beiden Schenkeln eine Vermehrung der Bacterien unmöglich zu machen. Dennoch muss gefragt werden, ob nicht durch die Electrolyse auch Verbindungen gebildet werden, welche an sich auf die Bacterien tödtlich wirken. Dies konnte durch das Experiment entschieden werden.

Nachdem durch die Nährlösung in einem U rohr der Strom von 5 Elementen 24 Stunden hindurchgeleitet war, wurden beide Schenkel mit je 2 Bacterientropfen versetzt und sodann der Apparat bei 30° 48 Stunden sich selbst überlassen. Alsdann wurde aus beiden Schenkeln je 1 Tropfen in Cylinder mit gekochter Nährlösung übertragen; und zwar wurden 2 Cylinder aus dem Zn schenkel, 2 andere aus

dem C schenkel inficirt. Nach 24 Stunden war in denjenigen Cylindern, welche vom Zn schenkel inficirt waren, eine reichliche Bacterienentwickelung eingetreten; die zwei anderen vom C schenkel aus inficirten Cylinder waren klar geblieben und veränderten sich nicht auch bei weiterem 24 stündigem Stehen.

Bei diesem Versuche waren die im Tropfen nachträglich zugesetzten Bacterien nur der Einwirkung der durch den electrischen Strom veränderten Nährflüsssigkeit, nicht aber des Stromes selbst ausgesetzt gewesen. Wenn die Electrolyten, nachdem sie mit neuen Bacterienkeimen versetzt waren, gleichwohl die Fähigkeit verloren hatten, eine frische Nährlösung mit Erfolg zu inficiren, wie das mit der Flüssigkeit im C schenkel der Fall war, so ist dadurch der Beweis geliefert, dass die in letztere übertragenen Bacterien nach 48 stündiger Berührung mit derselben getödtet sind, d. h. ihre stark saure Reaction bewirkt an sich das Absterben der Bacterien.

Zweifelhaft ist dagegen, ob das freie Ammoniak ebenfalls tödtlich einwirkt auf die in den Zn schenkel übertragenen Bacterien; denn da dasselbe sich, wie wir oben gesehen, während der Dauer des Versuchs verflüchtigte, so ist fraglich, ob die Trübung der vom Zn schenkel aus inficirten Nährlösungen nicht davon herrührt, dass die später übertragenen Bacterien der Einwirkung des Ammoniaks nicht mehr ausgesetzt waren.

Unsere Versuche haben demnach ergeben, dass die Tödtung der Bacterien durch 24 stündige Einwirkung eines Stromes von 5 Elementen aus der chemischen Thätigkeit desselben sich vollständig erklärt; für eine specifisch physiologische Wirkung der Electricität dagegen haben sich keine sicheren Thatsachen ergeben. Wir haben schon bemerkt, dass durch 24 stündige Einwirkung einer Batterie von 2 Elementen die Schwärmbewegungen der Bacterien zwar im sterilisirten C schenkel, nicht aber in dem neutral gebliebenen Zn schenkel aufgehoben waren.

Die folgende Versuchsreihe bekräftigt dieses Ergebniss.

II. Versuchsreihe.

Einwirkung des Inductionsstromes auf die Entwickelung der Bacterien in mineralischer Nährlösung.

12. Zur Entscheidung der Frage, ob die von uns beobachteten Wirkungen des electrischen Stromes auf die Bacterien als physiologische oder als chemische aufzufassen seien, erscheint vor allem der Inductionsstrom geeignet, da von ihm bekannt ist, wie bedeutend

seine physiologische und wie gering seine chemische Wirkung ist. Schiel hatte die Wirkung des Inductionsstromes auf die Bacterien als eine dem constanten Strom ähnliche, jedoch weit schwächere bezeichnet.

Folgende Versuche wurden von uns mit dem Inductionsstrome angestellt:

Zwei gleich grosse Reagirgläser wurden mit Nährlösung gefüllt und mit je 1 Bacterientropfen inficirt. Das eine der Gläser diente als Controlcylinder, durch das andere wurde bei 35° 22 Stunden lang ein Inductionsstrom mittelst zweier bis auf den Boden des Cylinders eintauchender, von einander durch einen Glasstab geschiedener Platinelectroden geleitet.

Der Strom wurde von einem Flaschenelement vermittelst eines Dubois'schen Schlittenapparats erzeugt, dessen Nebenrolle ganz über die Hauptrolle geschoben war. Nach dieser Zeit waren beide Cylinder gleichmässig milchig von Bacterien getrübt und zeigten die charakteristische Schleimschicht an der Oberfläche.

Ein zweiter Versuch, welcher ganz analog dem vorigen angestellt wurde, bei dem jedoch 2 Flaschenelemente zur Stromerzeugung benutzt waren, gab genau das nämliche Resultat.

Auch als der von 2 Flaschenelementen erzeugte Inductionsstrom durch ein mit Nährlösung gefülltes und mit 1 Bacterientropfen inficirtes Urohr geleitet wurde, war nach 24 Stunden die Flüssigkeit in beiden Schenkeln des Urohres gleichmässig von Bacterien milchig getrübt, ganz so wie in dem gleichzeitig inficirten Controlcylinder.

Alle unsere Versuche mit dem Inductionsstrome haben, ohngeachtet seiner starken physiologischen Wirkung, keinerlei Einfluss auf die Vermehrung der Bacterien ergeben; nicht einmal eine Verzögerung in der Entwickelung derselben war nachweisbar. Hält man hiergegen die geringe electrolytische Wirkung des Inductionsstromes, so erhält dadurch die bereits aus unserer ersten Versuchsreihe gezogene Schlussfolgerung, dass die Beziehungen des constanten galvanischen Stroms zur Vermehrung der Bacterien von seiner chemischen Wirkung abhängen, eine gewichtige Bestätigung.

III. Versuchsreihe.

Einwirkung des constanten Stromes auf die Entwickelung des Micrococcus prodigiosus.

13. Es schien uns wünschenswerth die Einwirkung des electrischen Stromes auf die Vermehrung auch solcher Bacterien zu beobachten, die sich nicht in Flüssigkeiten, sondern auf der Oberfläche von

festen Substraten entwickeln. Zu diesem Zwecke wurde *Micrococcus prodigiosus* als Versuchsobjekt gewählt, weil derselbe in seiner augenfälligen lebhaft rothen Färbung ein äusserst günstiges Erkennungsmittel darbietet und zugleich in seinem ganzen Verhalten die grösste Analogie mit gewissen pathogenen Bacterien darbietet. Er wurde in der schon oft geschilderten Weise auf gekochten Kartoffeln gezüchtet[1]). Ungeschälte Kartoffeln wurden in der Mitte glatt durchschnitten und die Oberflächen beider Hälften mit geringen Mengen des Micrococcus bestrichen, so dass die Kartoffel kaum merklich rosa angehaucht erschien. In die Oberfläche der einen Hälfte wurden 2, an den Poldrähten einer galvanischen Batterie angelöthete, 5 cm lange und 8 mm breite Platinstreifen parallel neben einander mit den Längskanten 5—6 mm tief eingesenkt.

Die zweite Kartoffelhälfte sollte zur Controle bei der Entwickelung des Micrococcus dienen; sie wird als Control-Kartoffel bezeichnet werden. Unter normalen Kulturbedingungen bedeckte sich ihre Oberfläche in bekannter Weise innerhalb 24 Stunden stets mit einer scharlachrothen Schleimschicht, aus der Vermehrung des Micrococcus entstanden.

Beide Hälften der Kartoffel wurden in gesonderte Bechergläser in schräger Lage eingesenkt und die Gläser mit Deckel verschlossen. Der eine Deckel war durchbohrt, um die Platindrähte der Electroden durchzulassen, welche mit der Batterie in Verbindung standen.

Die Stromstärke ist bekanntlich abhängig von dem Widerstande im Schliessungsbogen, in unserem Falle von der Entfernung der Platinelectroden von einander; die folgenden Versuche wurden deshalb zum Theil bei einer Entfernung der Platinstreifen von 1 cm, zum Theil bei einem Abstande derselben von 2 cm angestellt.

A. Die Electroden sind 1 cm von einander entfernt.

14. Durch eine in oben angegebener Weise präparirte Kartoffel, deren Platinstreifen 1 cm von einander entfernt waren, wurde bei 30° ein Strom von einem Flaschenelement geleitet. Nach 24 Stunden war der Raum zwischen beiden Electroden, ebenso wie der ausserhalb derselben befindliche Theil der Kartoffeloberfläche gleichmässig mit rothem Micrococcus überzogen.

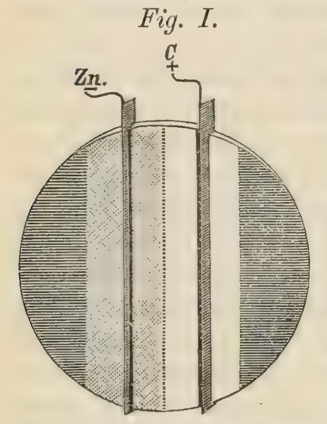
Bei einem wiederholtem Versuch blieb zu beiden Seiten längs der positiven Electrode (Kohlepol) eine schmale Zone in einem Abstande von 2 mm von Micrococcus frei. Die Controlkartoffel war auf der ganzen Oberfläche gleichmässig von rothem Micrococcus überzogen.

---

[1]) Vergl. den Aufsatz von Dr. Wernich in diesem Heft p. 105.

Da sich somit ein Flaschenelement zu schwach erwies, um entscheidende Resultate zu erzielen, so wurde an seiner Stelle eine Batterie von 2 Elementen in den folgenden Versuchen angewendet. Liess man einen solchen Batteriestrom 48 Stunden bei 33° auf eine Kartoffel wirken, so blieb nach dieser Zeit der ganze Raum zwischen den Electroden farblos, also vollkommen frei vom *Micrococcus prodigiosus,* ebenso zeigte sich ausserhalb der Electroden zu beiden Seiten ein 3—5 mm breiter farbloser Streif. An den weiter abgelegenen Theilen der Kartoffeloberfläche hatte sich der rothe Micrococcusschleim entwickelt. (Vergl. Fig. 1.)

Fig. I.



Schematischer Querschnitt einer von einem galvanischen Strom durchflossenen Kartoffel; Zn die negative, C die positive Electrode; die saure Hälfte ist weiss belassen, die alkalische diagonal, die mit rothem Micrococcus überzogenen Streifen horizontal schraffirt.

Zu beiden Seiten der Polplatten, insbesondere aber auf ihren einander zugekehrten Innenseiten entstanden gewöhnlich keilförmige Furchen, deren Abstand nach der Oberfläche hin sich vergrösserte und in denen die Platinstreifen steckten; es machte den Eindruck, als ob durch Austrocknen ein Schwinden des zwischen den Electroden befindlichen Kartoffelgewebes stattgefunden hätte; doch war an ein wirkliches Austrocknen in dem abgeschlossenen Raume der Bechergläser nicht zu denken; vielmehr ist die Ursache wohl in einer durch den Strom veranlassten Wanderung der Flüssigkeiten zu suchen; in diesen Furchen entwickelte sich kein rother Micrococcus.

15. Eine genauere Untersuchung zeigte die ganze Kartoffel in ihrem Inneren auffallend verändert; es liessen sich nunmehr an ihr zwei scharf abgegrenzte Hälften von völlig abweichendem Aussehen unterscheiden, deren Grenzen in der Mittellinie zwischen den beiden Electroden verlief. Die eine Hälfte, welche unter dem Einflusse der negativen Electrode gestanden, erschien dunkler, bräunlich gefärbt, gallertartig durchscheinend und mit Flüssigkeit durchtränkt, sie reagirte deutlich alkalisch; die andere, von der positiven Electrode beeinflusste Hälfte, hatte ihr ursprüngliches Aussehen beibehalten, aber eine stark saure Reaktion angenommen; sie besass auch stark sauren Geschmack und war anscheinend trockener geworden, als sie Anfangs gewesen. Diese scharfe Sonderung in eine alkalische, braune, durch-

scheinende und eine saure gelbliche Hälfte liess sich beim Schnitte parallel der Oberfläche bis in die Tiefe durch die ganze Masse der Kartoffel verfolgen.

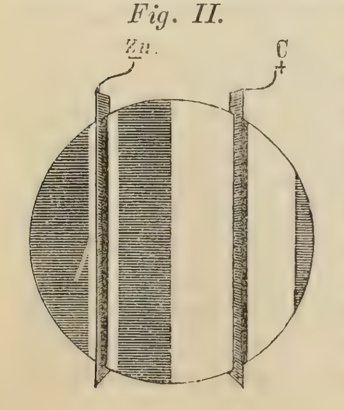
Die saure Hälfte hatte gleichzeitig vom Rande aus nach der Mitte vordringend oft eine rothe Färbung angenommen, die jedoch nicht vom *Micrococcus prodigiosus*, sondern von einem flüssigen Farbstoffe (Erythrophyll) herrührte, der sich offenbar unter dem Einflusse der durch Electrolyse freigewordenen Säure aus dem farblosen Zellsaft der Kartoffel entwickelt hatte. In der alkalischen Hälfte hatte sich kein Erythrophyll gebildet.

Bei der Wiederholung dieser Versuche ergab sich, dass der farblose Streifen an der Aussenseite der positiven Electrode in der Regel erheblich, selbst um das Doppelte breiter war, als längs der —Electrode. Manchmal hatte sich auch in der Mittellinie zwischen den beiden Electroden an der Grenze der sauren und alkalischen Kartoffelhälfte ein violett-rother Längsstreif des *Micrococcus prodigiosus* von sehr geringer Breite gebildet (Vergl. Fig. I); vermuthlich war in diesen Fällen auch die Stromstärke durch den längeren Gebrauch der Elemente vermindert, so dass in der schmalen Grenzlinie, wo die saure und die alkalische Hälfte sich berührten und neutralisirten, die Vermehrung des Micrococcus nicht gehindert war. Wurde der Abstand der Electroden weiter genommen, so erschien der violette Mittelstreif entsprechend breiter; auch lag er der —Electrode meist um 2 bis 3 mm näher.

B. Die Entfernung der Platinelectroden beträgt 2 cm.

16. Es wurde ein Strom von 2 Flaschenelementen 24 Stunden lang bei 30° durch die Kartoffel geleitet. Nach dieser Zeit war das in den Platinstreifen eingeschlossene, 2 cm breite Stück der Kartoffeloberfläche in eine farblose und in eine rothe Hälfte der Länge nach geschieden, die zwischen den Polplatten mit scharfer Grenze derart aufeinander stiessen, dass der scharlachrothe Streif von dem farblosen durch einen violett-rothen ganz schmalen Saum getrennt erschien. Der rothe Streifen, von *Micr.* gebildet, verlief längs der —Electrode, war jedoch von dieser durch eine schmale farblose Zone von 2—3 mm Breite abgegrenzt; längs der anderen, äusseren Seite der

Fig. II.



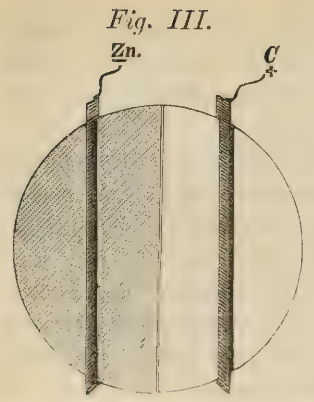
— Polplatte hatte sich der *Micrococcus*, jedoch ebenfalls erst in einem Abstand von 2 mm, als rother Ueberzug entwickelt, dagegen blieb längs der Aussenseite der + Electrode ein Strich von 1 cm Breite farblos, von da ab bis zum Rande der Kartoffel hatte sich scharf abgegrenzt der *Micrococcus* wieder entwickelt. (Vergl. Fig. 2.) Es war also durch die — Electrode zu beiden Seiten in einer Breite von 1 cm die Entwicklung des rothen *Micrococcus* unterdrückt worden, während derselbe sich zu beiden Seiten der + Electrode mit Ausnahme eines Streifens von 2—3 mm zu beiden Seiten normal entwickelt hatte. Das Innere der Kartoffel war eben so verändert, wie in dem früheren Versuch.

Die Grenze zwischen der alkalischen und der sauren Hälfte im Innern entsprach genau der Grenzlinie zwischen dem farblosen und dem rothen Streifen an der Oberfläche. Gewöhnlich verlief die Grenze zwischen farblosem und rothem Streifen nicht genau in der Mitte, sondern lag der + Electrode erhehlich, selbst um mehr als das Doppelte näher, als der negativen, so dass der farblose Streifen 5—6 mm, der rothe dagegen 12—13 mm breit war.

17. Es blieb nun noch übrig, durch das Experiment zu ermitteln, ob nicht, entsprechend der Wirkung starker Ströme auf Bacterien in Nährlösungen auch die Entwickelung des *M. prodigiosus* auf der Oberfläche der Kartoffeln durch einen sehr kräftigen Strom gänzlich verhindert werden könnte. Zu diesem Zwecke wurde durch eine mit *M. prodigiosus* inficirte Kartoffelhälfte mittelst zweier Platinelectroden, die 2 cm von einander, wie in dem vorigen Versuche in dieselbe eingelassen waren, ein Strom von 3 Bunsenschen und 2 Marié-Davyschen Flaschenelementen 24 Stunden lang hindurch geleitet; die vom Strome durchflossene Kartoffel hatte in dieser Zeit die schon oben geschilderten Veränderungen in ausgeprägtestem Maasse erlitten. Die von der negativen Electrode beeinflusste Hälfte war sehr stark alkalisch geworden, die hierdurch veranlasste Bräunung des Curcumapapieres wich auch beim Erwärmen desselben nicht, rührte also von einer nicht flüchtigen Base her.

Die Kartoffelsubstanz in dieser Hälfte zeigte nicht nur das bräunliche, gallertartige, durchscheinende Aussehen, sondern sie war auch sehr stark gequollen, wahrscheinlich in Folge der Einwirkung des Alkali's auf das Stärkemehl der Kartoffel, so dass sie mit scharf abfallendem Rande sich an 3 mm über die angrenzende stark saure Hälfte erhob. Letztere, welche unter dem Einfluss der + Electrode gestanden, hatte ihr Aussehen wenig verändert, doch zeigte sie sich anscheinend trocken im Gegensatz zu der ganz nassen glänzenden alkalischen Hälfte. Die Grenzlinie zwischen saurer und alkalischer

Fig. III.



Hälfte verlief zwischen den beiden Electroden, doch näher der negativen; diese steckten in tiefen breiten Furchen, deren Ränder nach innen zu klafften, so dass die Polplatten nur an den Aussenwänden der Furchen fest anlagen. Die Furche, in der die + Electrode steckte, war trocken, dagegen die der — Electrode mit reichlicher, lebhaft schäumender Flüssigkeit ausgefüllt. Der rothe *Micrococcus* hatte sich gar nicht entwickelt (vergl. Fig. 3). Die der Stromwirkung exponirte Kartoffel war also völlig farblos geblieben, während die Controlkartoffel sich vollständig mit dem rothen Ueberzug bedeckt hatte. Wohl aber hatte sich, wie bei früheren Versuchen, von der Schale aus nach innen hin in der sauren Hälfte der Kartoffel rothes Erythrophyll gebildet.

Diese Kartoffelhälfte wurde nun 24 Stunden bei 30° sich selbst überlassen, allein es zeigte sich auch nach dieser Zeit das Aussehen derselben nicht verändert, der Micrococcus war durch den kräftigen Strom getödtet worden. Aber auch die Kartoffel selbst war, und zwar in beiden Hälften, sterilisirt; denn auch eine neue Infection konnte auf ihrer Oberfläche keine Vermehrung des rothen Micrococcus bewirken, mit Ausnahme der neutralen Grenzlinie zwischen alkalischer und saurer Hälfte, wo sich ein ganz schmaler rother Saum entwickelte.

18. Die Resultate der dritten Versuchsreihe stimmen mit denen der ersten überein. Der constante galvanische Strom bewirkt eine electrochemische Zersetzung der Flüssigkeiten in der gekochten Kartoffel, in Folge deren sich dieselbe in eine scharf abgegrenzte saure Hälfte an der + Electrode (entsprechend dem Cschenkel in Urohr), und in eine alkalische Hälfte an der — Electrode (wie im Znschenkel) sondert. Beide Electroden hemmen oder unterdrücken in ihrer Nähe und zwar auf beiden Seiten die Entwicklung des Micrococcus, jedoch die positive Electrode in bei weitem höherem Grade, als die negative. In der sauren Hälfte wird die Entwickelung des Micrococcus schon bei relativ schwächerem Strom (2 Elemente) durch die + Electrode bis zu 1 cm Abstand zu beiden Seiten verhindert, während in der alkalischen Hälfte der hemmende Einfluss der — Electrode sich meistens nur bis zu 2—3 mm Abstand geltend macht. Letzteres erklärt sich daraus, dass *Micrococcus prodigiosus* überhaupt sich nur

auf alkalisch reagirendem Substrat vermehrt; jede gekochte Kartoffel reagirt alkalisch; der rothe Micrococcusschleim selbst zeigt stark alkalische Reaktion; durch Säuren verändert der Micrococcus seine Färbung und geht bald zu Grunde.

Ein kräftiger Strom von 5 Elementen tödtet die übertragenen Micrococcuskeime ebensowohl auf der alkalischen wie auf der sauren Hälfte, und macht dieselben dauernd zur Entwickelung dieses Organismus unfähig, auch an der — Electrode, da bei der Kartoffel an letzterer fixes Alkali, nicht wie bei den Nährlösungen flüchtiges Ammoniak, frei wird. Die Wirkungen des galvanischen Stromes auf die Vermehrung des *Micrococcus prodigiosus* lassen sich daher auf seine chemischen Thätigkeiten zurückführen.

IV. Ergebnisse.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen lassen sich in folgenden Sätzen zusammenfassen:

A. Einwirkung des galvanischen Stromes auf die Vermehrung der Bacterien in mineralischer Nährlösung.

1. Ein Element lässt je nach der Stromstärke gar keine oder nur eine retardirende Einwirkung auf die Vermehrung der Bacterien erkennen.

2. Eine Batterie von 2 kräftigen Elementen sterilisirt innerhalb 12—24 Stunden am + Pol die Nährlösung vollständig, so dass sich in ihr weder die der Stromwirkung ausgesetzten, noch auch nachträglich zugeführte Bacterien vermehren.

3. Am — Pol wird die Nährflüssigkeit nicht vollständig sterilisirt, aber sie wird nur in beschränktem Maasse für Ernährung und Vermehrung der Bacterien geeignet; die Schwärmbewegungen derselben werden nicht aufgehoben.

4. Weder am +, noch am — Pole werden die Bacterien durch die Stromwirkung zweier Elemente getödtet, denn in frische Nährlösung übertragen, vermehren sie sich in dieser völlig normal.

5. Die für Bacterien sterilisirte Nährflüssigkeit am + Pol gestattet noch reichliche Vermehrung von Kahmhefe und Mycelpilzen.

6. Eine Batterie von 5 kräftigen Elementen tödtet die in der Nährflüssigkeit vertheilten Bacterien innerhalb 24 Stunden vollständig, ein Tropfen dieser Flüssigkeit in frische Nährlösung übertragen ruft deshalb keine Trübung in dieser hervor.

7. Die Nährflüssigkeit wird durch einen solchen Strom an beiden

Polen sterilisirt; auf's Neue zugesetzte Bacterien vermehren sich daher nicht in derselben.

8. Die Einwirkung des constanten Stromes auf die Bacterien lässt sich durch die electrolytische Zersetzung der Nährflüssigkeit ausreichend erklären, welche um so vollständiger ist, je kräftiger und je länger der Strom auf die Flüssigkeit eingewirkt hat.

9. Bei möglichst vollständiger Zersetzung wird die Flüssigkeit am + Pol stark sauer, am — Pol stark alkalisch, bei schwächeren Strömen an letzterem nur schwach sauer oder neutral. Die alkalische Reaction verschwindet nach einiger Zeit, da sie von einer flüchtigen Base (Ammoniak) herrührt.

10. Am — Pol findet reichliche Gasentwickelung statt, am + Pol wird solche nur bei sehr kräftigen Strömen bemerklich.

11. Am — Pol wird phosphorsaure Ammoniak-Magnesia ausgeschieden; in Folge dessen enthält die Flüssigkeit nach längerer Einwirkung sehr kräftiger Ströme am — Pol keine Phosphorsäure, am + Pol kein Ammoniak in Lösung, besitzt also nicht mehr die zur Ernährung und Vermehrung von Bacterien unentbehrlichen Nährstoffe vollständig; ausserdem scheint die freie Säure am + Pol unmittelbar tödtlich auf die Bacterien einzuwirken.

12. Eine specifische physiologische Einwirkung des constanten galvanischen Stromes ist bei relativ schwächeren Strömen nicht vorhanden, bei stärkeren wenigstens nicht nachweisbar. Die physiologisch so wirksamen Inductionsströme lassen auf die Vermehrung der Bacterien in mineralischer Nährlösung keine Einwirkung erkennen.

B. Einwirkung des constanten galvanischen Stromes auf die Entwickelung von *Micrococcus prodigiosus* an der Oberfläche gekochter Kartoffeln.

13. Die Wirkungen werden bedingt einerseits durch die Stärke des Stromes, andererseits durch die Leitungswiderstände in der Kartoffel, welche mit der Entfernung der Electroden wachsen.

14. Die Flüssigkeiten in der Kartoffel vertheilen sich so, dass durch die ganze Tiefe derselben die eine Hälfte am + Pol stark sauer, die andere Hälfte am — Pol stark alkalisch wird, letzteres durch fixes Alkali. Die beiden, gleich- oder ungleichgrossen Hälften stossen in der Mittellinie der Kartoffel mit scharfer Grenzlinie aneinander; die Grenzlinie ist neutral.

15. Beide Hälften unterscheiden sich durch ihre Färbung, sowie dadurch, dass die saure Hälfte an Flüssigkeit verarmt, die alkalische gallertartig quillt, durchscheinend bräunlich und feucht erscheint.

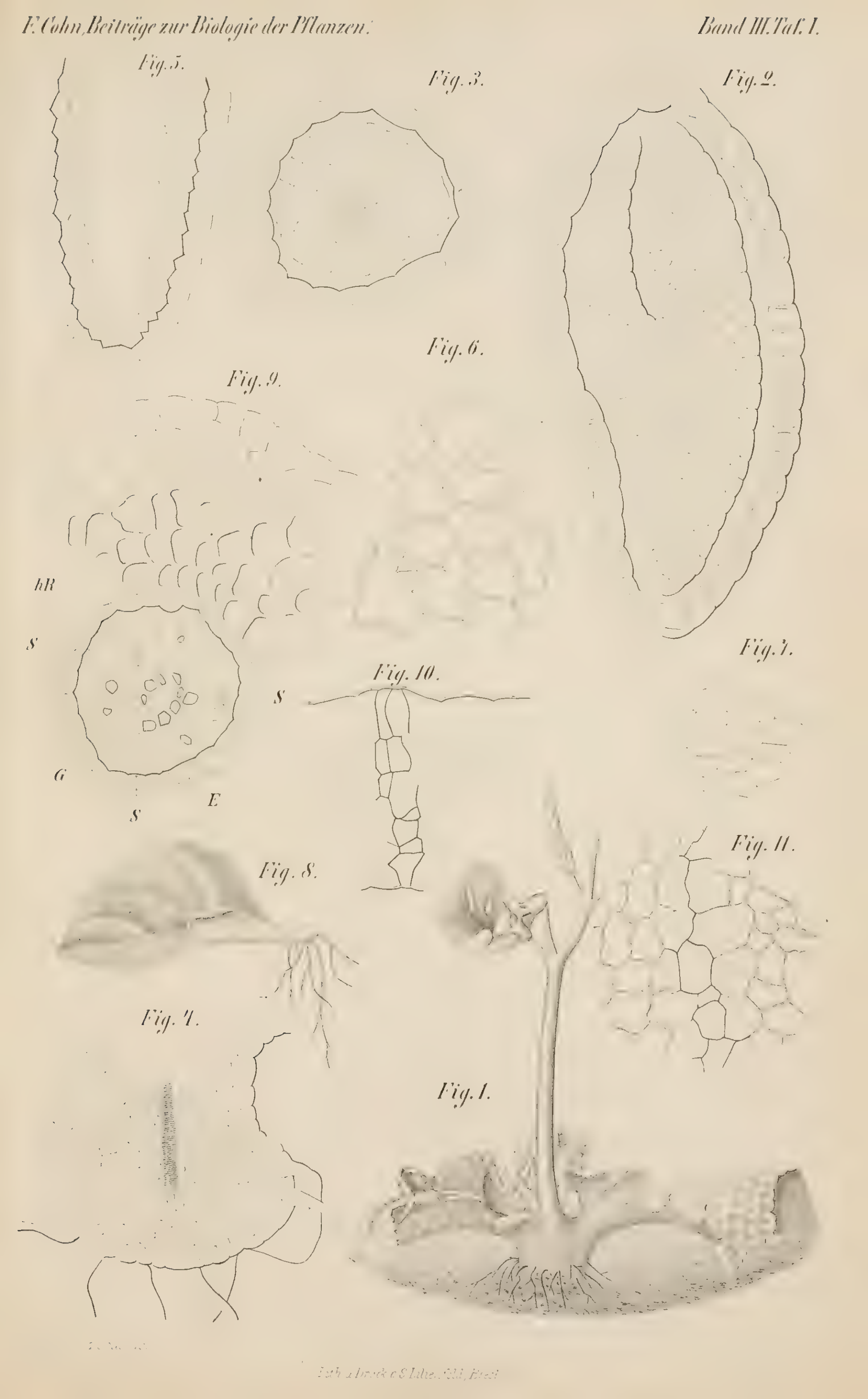
16. Sowohl die +, als die — Electrode verhindern die Vermehrung des *Micrococcus prodigiosus* in ihrer Umgebung und zwar an beiden Seiten, jedoch die + in bei weitem stärkerem Maasse. Bei schwächerer Stromwirkung erscheint daher zu beiden Seiten der + Electrode ein mehr oder minder breiter scharf abgegrenzter farbloser Streifen, während zu beiden Seiten der — Electrode die Entwickelung des Micrococcus nur in einer ganz schmalen Zone unterbleibt, die übrige Fläche der alkalischen Hälfte aber sich mit dem rothen Ueberzuge bedeckt.

17. Je kräftiger die Stromwirkung, desto breiter wird an beiden Electroden die Zone, wo sich der Micrococcus nicht vermehren kann; bei sehr kräftigen Strömen entwickelt sich der Micrococcus gar nicht, die zugeführten Keime werden getödtet und beide Kartoffelhälften mit Ausnahme der neutralen Grenzlinie für Micrococcus sterilisirt.

18. Die Einwirkungen des galvanischen Stromes auf die Vermehrung des *Micrococcus prodigiosus* lassen sich auf die electrolytischen Wirkungen des Stromes zurückführen.

Breslau, Pflanzenphysiologisches Institut der Universität Breslau.
Dez. 1879.

Druck von Robert Nischkowsky in Breslau.


Fig. 5.
Fig. 3.
Fig. 2.
Fig. 6.
Fig. 9.
hR
S
G
S
E
Fig. 10.
S
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 11.
Fig. 4.
Fig. 1.

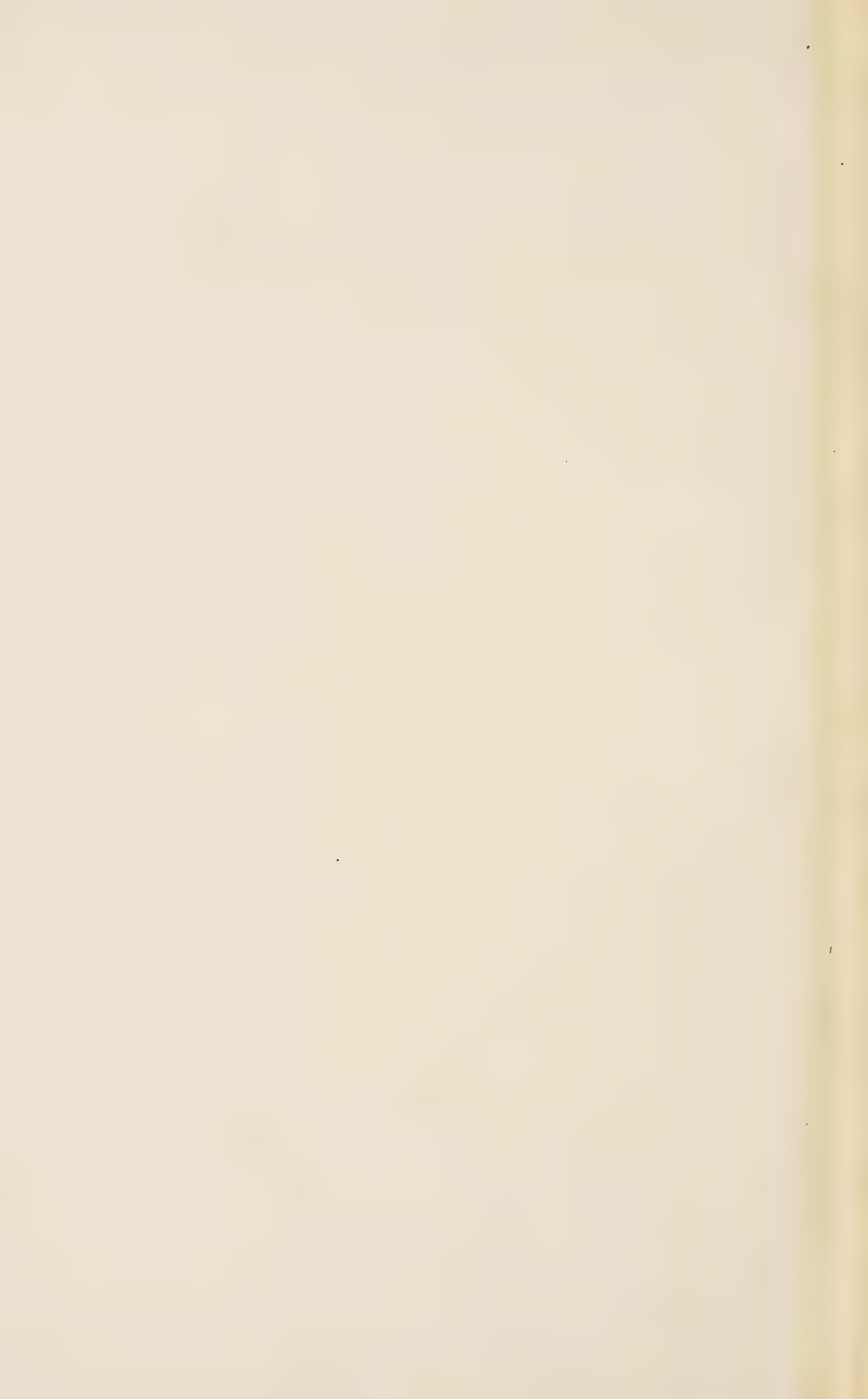


Fig. 20

C
P
F
hD

Fig. 12.

Fig. 13.

Epid.

Fig. 18.

Fig. 16.

Fig. 11.

Fig. 19.

Blst.

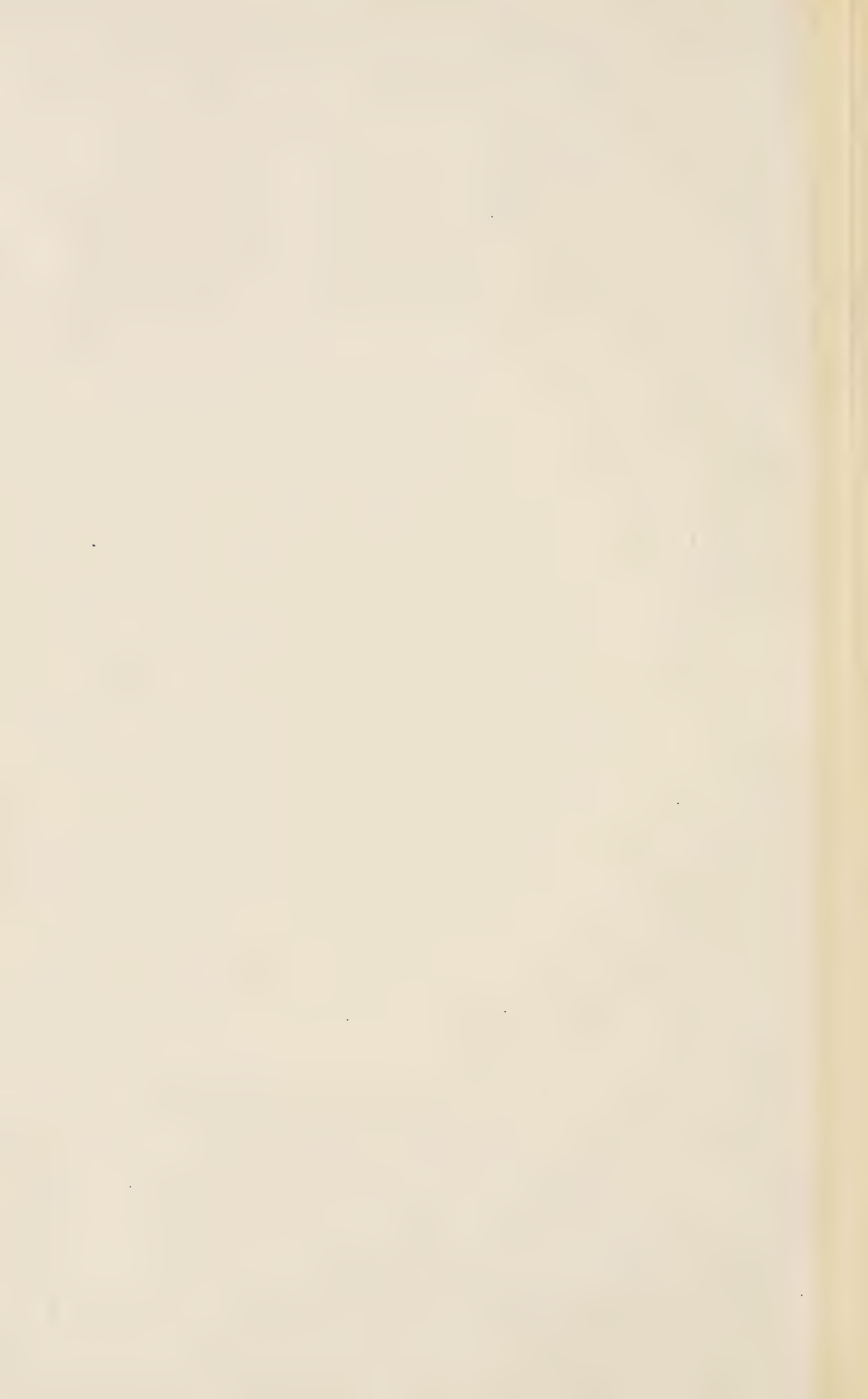
Fig. 15.

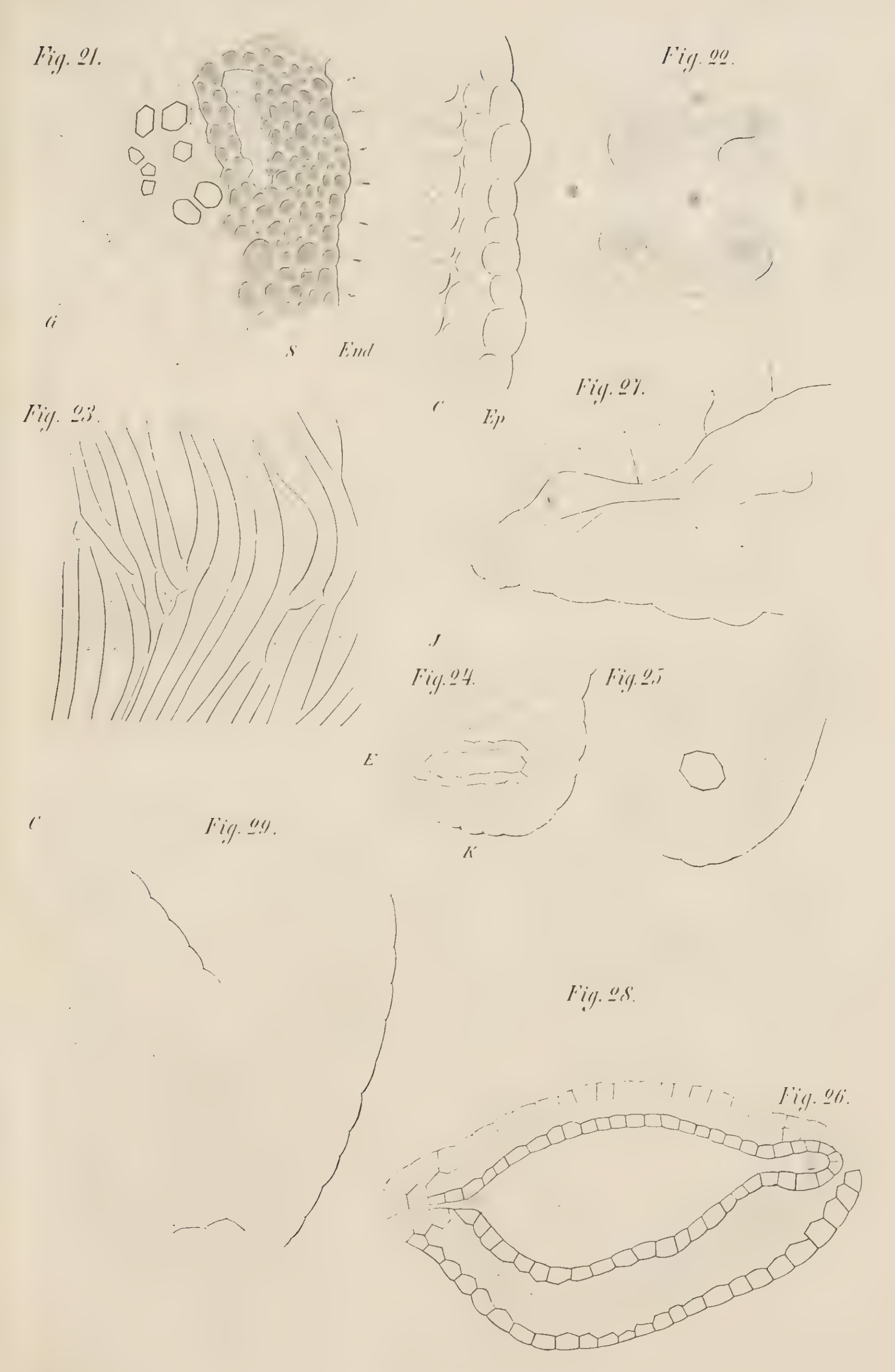
Fig. 14.

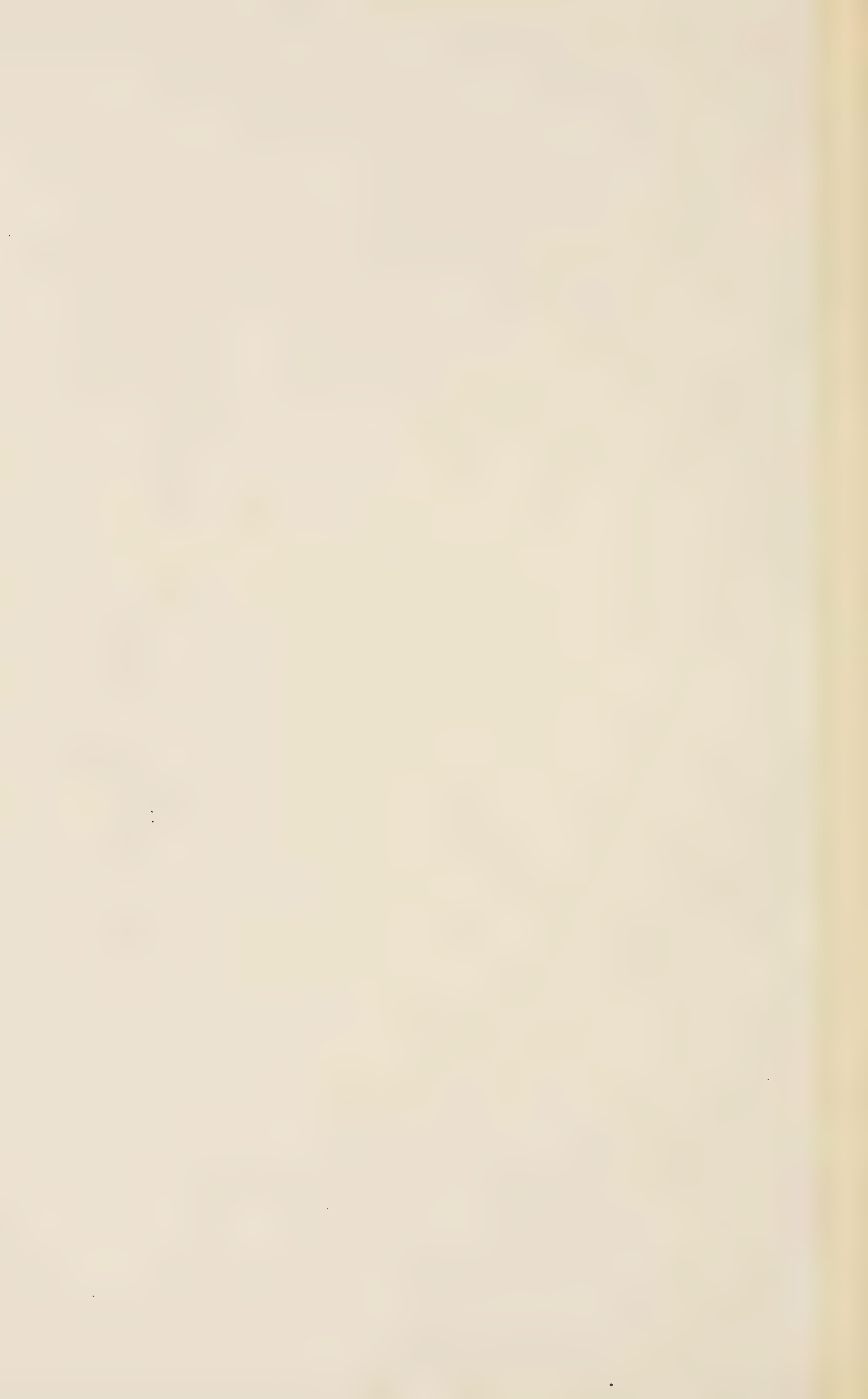
b
a
c

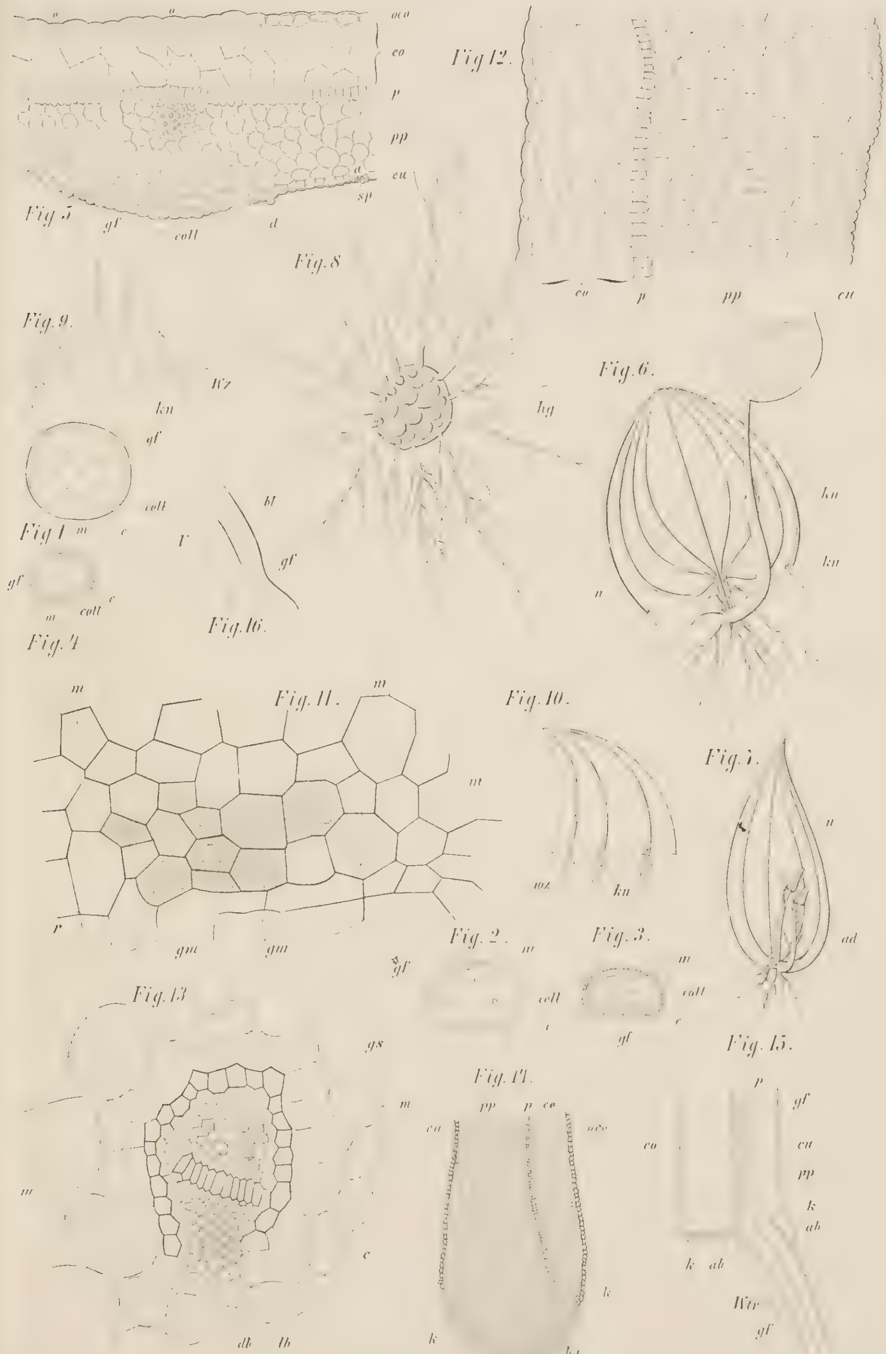
T. Hielscher ad nat. del.

Lith. Druck v. S. Lilienfeld, Breslau




Fig. 21.
G
S
End
C
Ep
Fig. 22.
Fig. 23.
Fig. 27.
J
Fig. 24.
Fig. 25
E
K
C
Fig. 29.
Fig. 28.
Fig. 26.





E. Eidam ad nat. del.

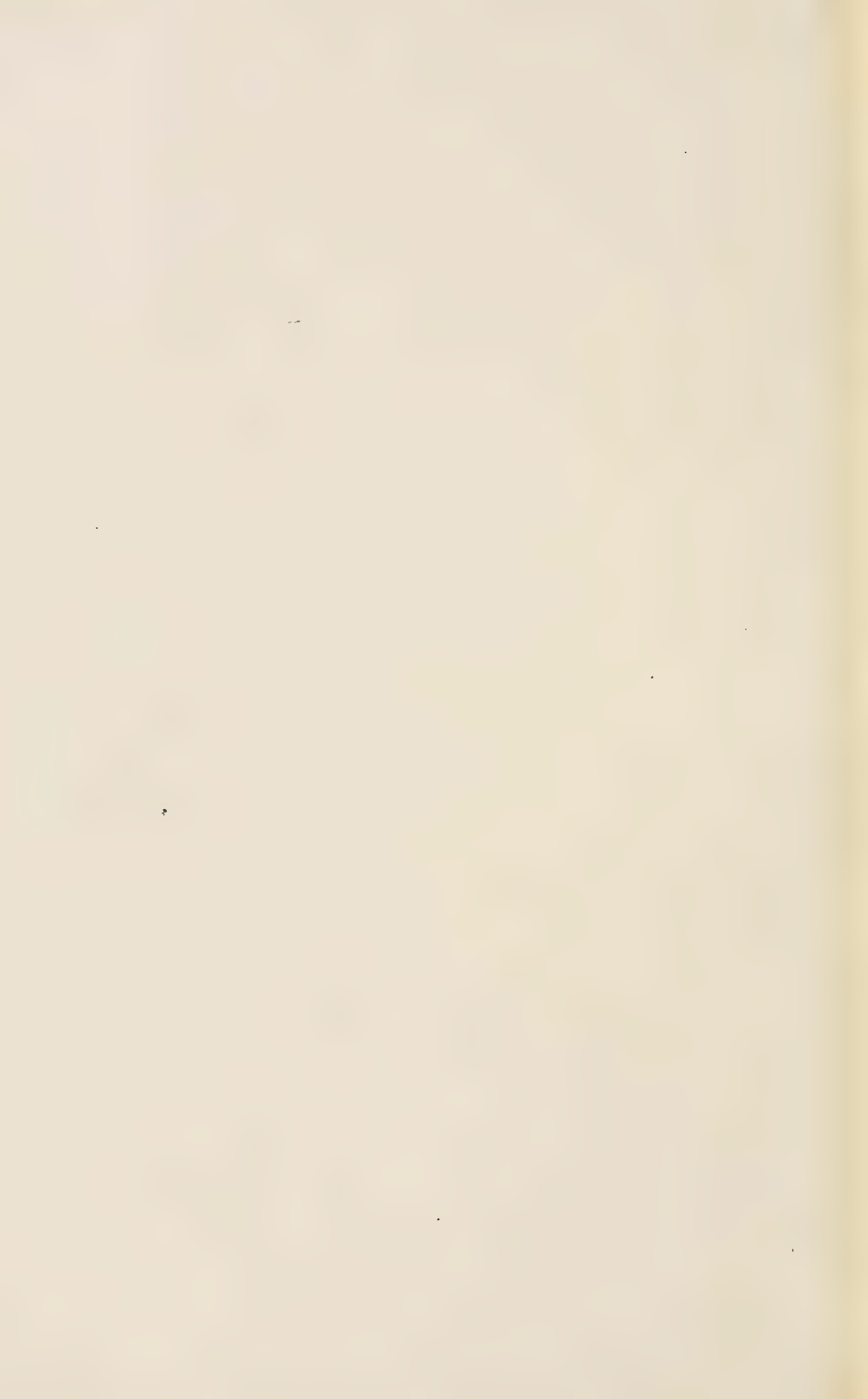
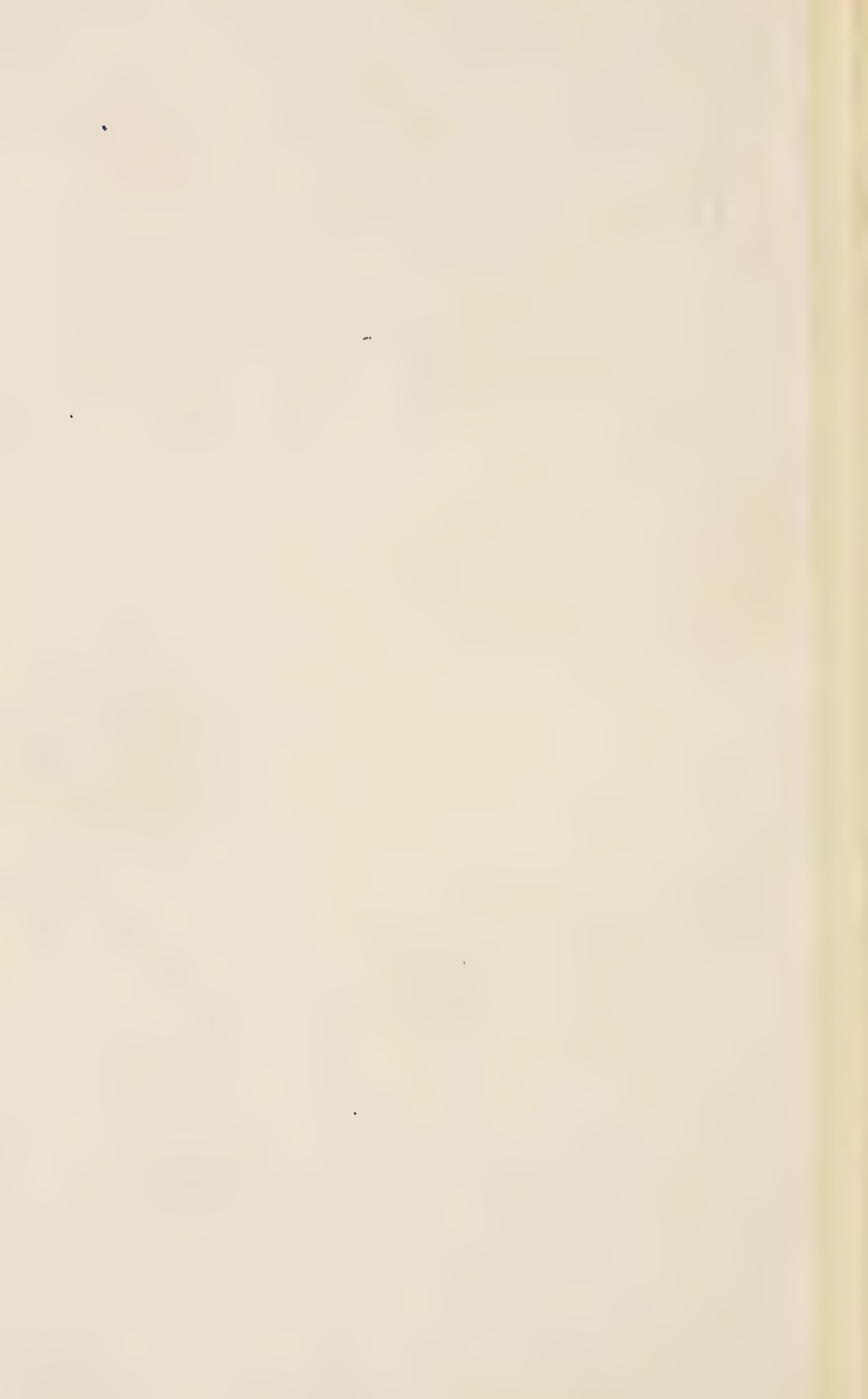
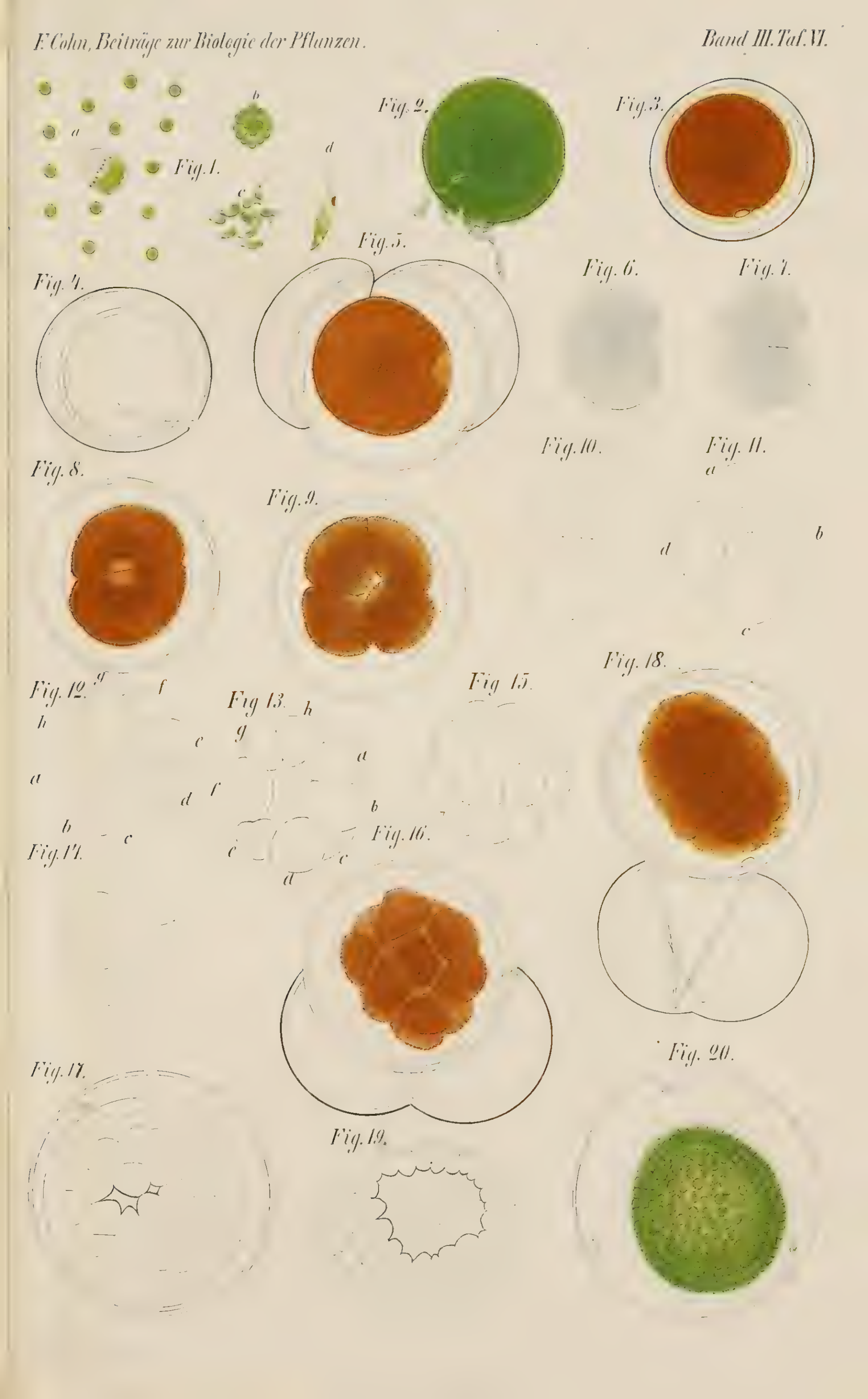
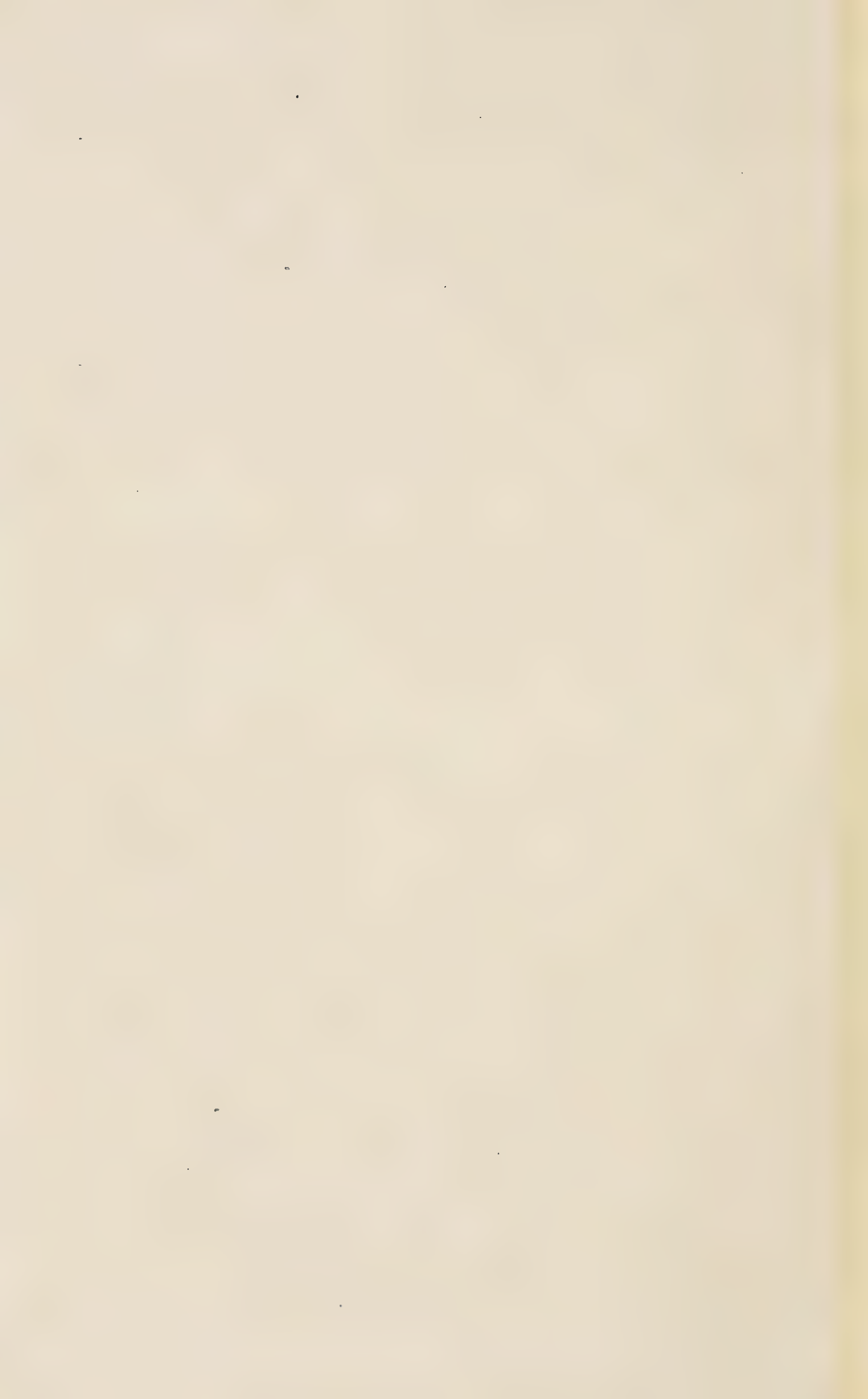
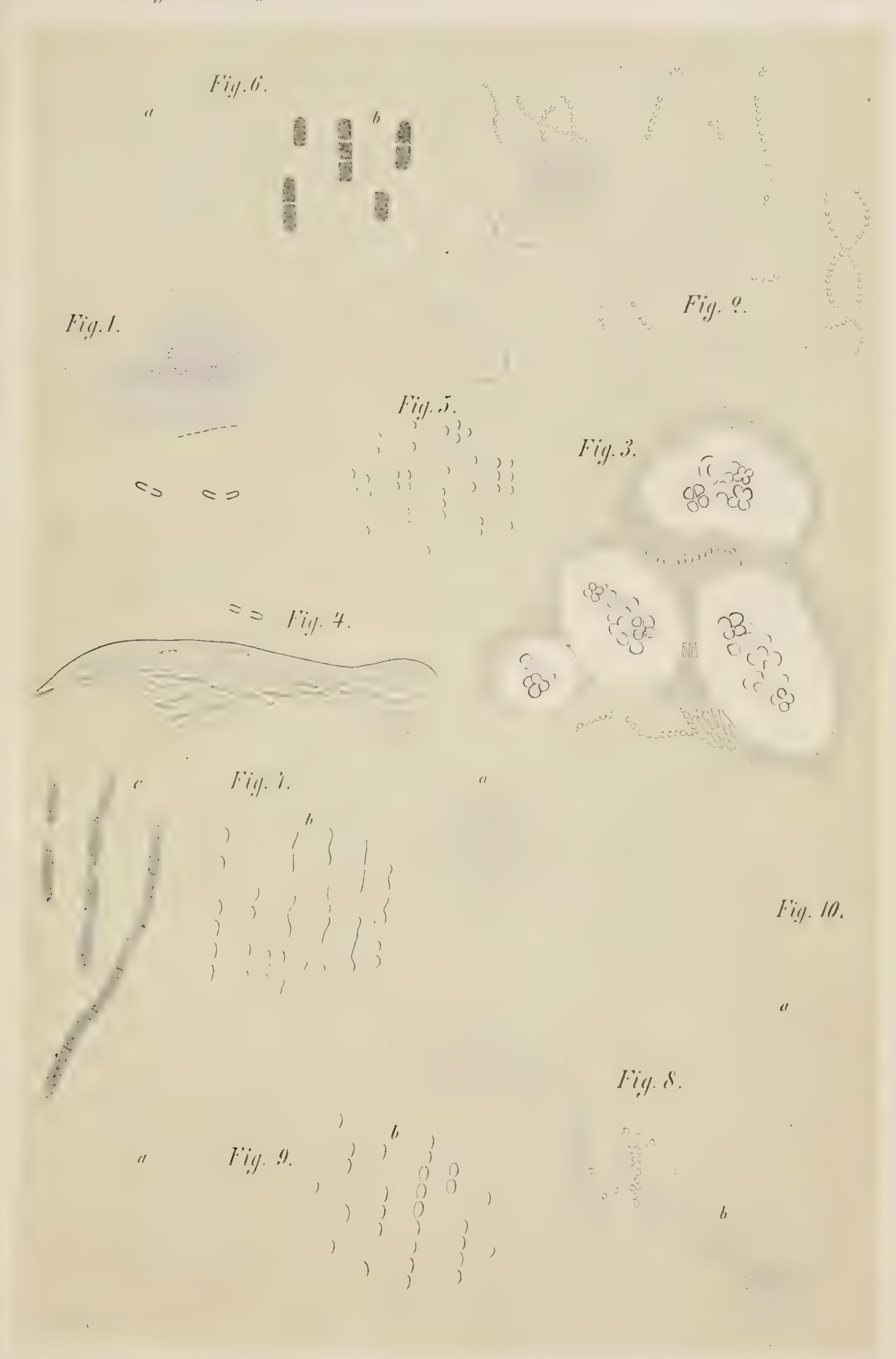



Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
coll




Fig. 1.
a
b
c
d
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 12.
Fig. 13.
Fig. 14.
Fig. 15.
Fig. 16.
Fig. 17.
Fig. 18.
Fig. 19.
Fig. 20.

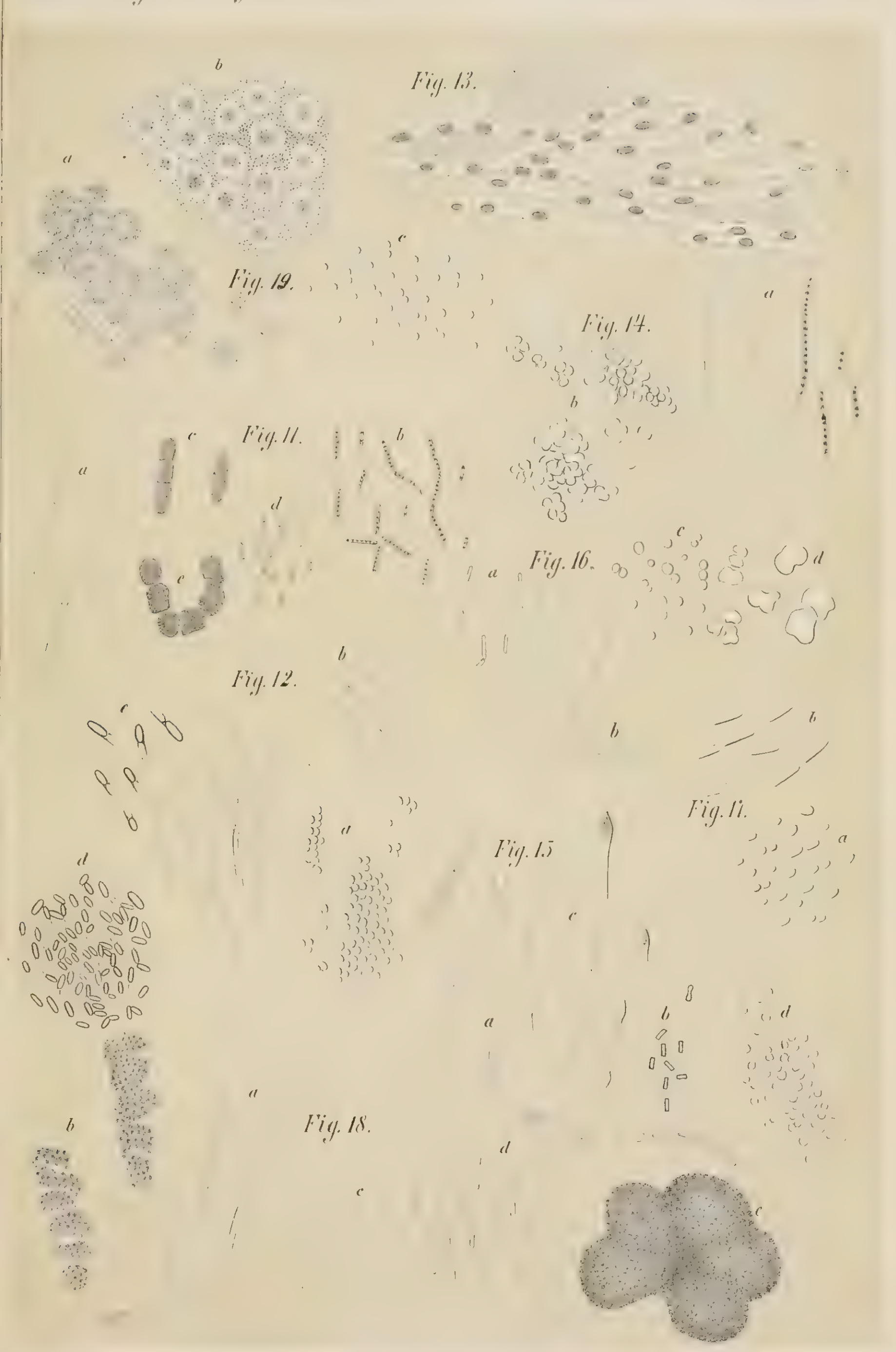




Mf. et. ad. nat. del.

Lith. u. Druck v. S. Lilienfeld, Breslau





Mi flet ad nat. del.
Lith. u Druck v S. Lilienfeld. Breslau



Beiträge

zur

Biologie der Pflanzen.

Herausgegeben

von

Dr. Ferdinand Cohn.

Dritter Band. Zweites Heft.

Mit sieben zum Theil farbigen Tafeln.

Breslau 1880.

J. U. Kern's Verlag

(Max Müller).



Inhalt von Band III. Heft II.



Pinguicula alpina, als insektenfressende Pflanze und in anatomischer Beziehung.

Von

Professor Julius Klein,

Budapest.

Hierzu Tafel IX. und X.

Einleitung.

In Darwin's epochemachendem Werke: „Insektenfressende Pflanzen“ ist unter den abgehandelten *Pinguicula*arten die *P. alpina* nicht besprochen, desshalb benutzte ich die Gelegenheit, die sich mir im Sommer 1878 im steyrischen Bade Neuhaus bot, — in dessen Nähe die *Ping. alpina* reichlich vorkommt — um dieselbe mit Bezug auf Insektenfang und insektenfressende Fähigkeit, als auch in anatomischer Hinsicht näher zu untersuchen. Es war zwar von vornherein zu erwarten, dass die *P. alpina,* die nach ihrem Habitus und Vorkommen so sehr mit der *P. vulgaris* übereinstimmt, dass beide nur als zwei zusammengehörende Varietäten angesehen werden könnten, auch in ihrem physiologischen Verhalten mit der ihr so nahe verwandten *P. vulgaris* übereinstimmen werde. Trotzdem fand ich es für nicht ganz unlohnend, die *P. alpina* näher zu untersuchen, um einerseits diese Uebereinstimmung wirklich zu constatiren und andererseits die anatomischen Verhältnisse eingehender zu berücksichtigen, welche von Darwin für *P. vulgaris* ohnehin nur kurz erwähnt und nur so weit behandelt werden, als es seine physiologischen Versuche für nöthig erscheinen liessen.

Die *Pinguicula alpina* kommt in der Nähe von Neuhaus, in dem engen Thale unmittelbar hinter Gutenegg vor, wo sie die feuchten, moosigen Kalkfelsen, welche an den Ufern des Neuhauser Baches

emporsteigen, in zahlreichen Exemplaren bedeckt[1]). Ich fand dort zwei verschiedene Formen der *Pinguicula alpina;* während nämlich die Blätter der meisten Exemplare eine gelblichgrüne Farbe zeigten, fanden sich daneben auch solche, deren Blätter rothbraun aussahen und an denen die grüne Färbung mehr oder weniger verdeckt war. Beide Formen kamen auf demselben Felsen vor, oft in unmittelbarer Nähe zu einander; doch schien es, als wenn die erste Form mit den gleichmässig lichtgrünen Blättern mehr an solchen Stellen vorkäme, die reichlicher mit Erde bedeckt waren und auch eine üppiger entwickelte Moosdecke besassen, während die rothblättrigen Formen vorzüglich an steinigen Stellen auftraten, wo wenig oder gar kein Humus und auch eine nur spärlich entwickelte Moosdecke anzutreffen war. Es scheint demnach, als wenn beide Formen nur Standorts-Varietäten wären. Dies spricht sich auch darin aus, dass die rothblättrige Form allgemein kleiner und weniger entwickelt war, die grünblättrige dagegen meist in sehr üppigen Exemplaren auftrat.

Die rothe Färbung der Blätter rührt daher, dass die Oberhautzellen einen rothen Saft enthalten, während selbe sonst mit einer farblosen Flüssigkeit gefüllt sind. Im Uebrigen verhalten sich beide Formen gleich, doch da diejenige mit den lichtgrünen Blättern die häufigere war, stellte ich auch meine Untersuchungen vorzüglich an dieser Form an.

I. Pinguicula alpina als insektenfressende Pflanze.

Die *Pinguicula alpina* hat, wie bekannt, ein kurzes unterirdisches Stämmchen, an dem nach unten ein Büschel einfacher Wurzeln sich entwickelt, welche in Zahl und Länge nach der Grösse und Entwickelung der *Pinguicula*-Exemplare variiren; nach oben trägt das Stämmchen eine Rosette von Blättern und die langgestielten Blüthen. Die Zahl und Grösse der Blätter ist natürlich auch nach den Exemplaren sehr verschieden. So üppig entwickelte und so grosse Blätter, wie bei den Neuhauser Pflanzen fand ich bis jetzt noch nie bei *Ping. alpina,* und waren es im allgemeinen die lichtgrünen Exemplare, an denen die grössten Blätter zu finden waren. Während nämlich gewöhnlich die Länge der Blätter 3—4 cm und die Breite $1\frac{1}{2}$—$2\frac{1}{2}$ cm beträgt, so waren unter den Neuhauser Pflanzen solche Exemplare nicht selten, bei denen die Länge der Blätter 5—6 cm,

[1]) Die Mittheilung dieses Standortes verdanke ich der Freundlichkeit des Herrn stud. med. Rich. Paltauf — dem Sohne des Neuhauser Bade-Arztes und Directors — der später auch die Güte hatte mir lebende Pflanzen von Neuhaus zu senden, und dem ich dafür auch hier meinen Dank ausspreche.

die Breite aber 2—3 cm betrug. Diese üppige Entwickelung ist jedenfalls der geringen Seehöhe des Standortes und dem milden Klima der Umgebung von Neuhaus zuzuschreiben, und ist es überhaupt selten, dass die *P. alpina* so weit unten auftritt.

Bei den im Freien untersuchten Exemplaren waren die Ränder der Blätter, ganz in der Art, wie es Darwin für *Ping. vulgaris* angibt, mehr oder weniger nach einwärts gebogen, dabei fanden sich unter den eingebogenen Rändern und sonst auf der Blattfläche theils ganze kleine Insekten, theils Bruchstücke solcher, theils aber verschiedene Pflanzentheile, besonders Blätter der *Erica carnea.*

Die Oberfläche der Blätter von *Ping. alpina* ist nämlich, wie bei *P. vulgaris,* dicht mit zweierlei Drüsen bedeckt: gestielten und ungestielten, von denen weiter unten ausführlicher die Rede sein soll. Die Ersteren sind schon mit freien Augen sichtbar und erscheinen als weissliche, schwach glänzende Pünktchen, welche besonders an den rothblättrigen Formen deutlich hervortreten. Die Drüsen sondern reichlich eine klebrige Substanz aus, die durch Aufdrücken des Fingers auf die Blattfläche und nachheriges langsames Emporheben des Fingers in viele, lange Fäden ausgezogen werden kann. In Folge dieser Beschaffenheit der Blattoberfläche werden also auch bei *Ping. alpina* Insekten gefangen und darauf fallende Gegenstände festgehalten.

Zu erwähnen ist, dass die gefangenen Insekten gewöhnlich unter dem eingebogenen Rande zu finden sind, während Blätter und dergleichen Theile meist auf der freien Blattfläche liegen. Das hat wohl einestheils darin seinen Grund, dass, wie Darwin erwähnt, die gefangenen Gegenstände von allen Theilen des Blattes durch den Regen gegen die Ränder fortgewaschen werden; doch glaube ich, dass bezüglich der Insekten auch noch ein anderer Umstand in Betracht kommt. Die Ränder der Blätter sind nämlich schon anfangs, noch bevor sie etwas gefangen, schwach nach einwärts gebogen und etwas emporstehend; kommt nun ein kleines Insekt auf die Mitte des Blattes, so trachtet es von dort fortzukommen, und da die Insekten meist nach aufwärts kriechen, so kommt es auch an den höher stehenden Rand des Blattes, den zu übersteigen ihm nicht immer gelingt, so dass es meist dort verbleibt und später von dem sich noch mehr einbiegenden Blattrande festgehalten wird. Mit Blattläusen gemachte Versuche wenigstens zeigten, dass, während sie von der Blattmitte leichter wegkamen, es ihnen doch nicht immer gelang auch den Blattrand zu übersteigen.

Eine Anzahl von Pflanzen der *Ping. alpina* wurden nun nach

Neuhaus ins Zimmer gebracht, um daran einige Untersuchungen anzustellen. In physiologischer Beziehung machte ich nur wenige Versuche, da ich ja ohnehin nicht hoffen durfte den erschöpfenden Angaben Darwins etwas Neues hinzufügen zu können. Dagegen unterzog ich die *P. alpina* in anatomischer Hinsicht einer eingehenden Untersuchung, die ich dann später an mitgebrachten und von Neuhaus erhaltenen Pflanzen, so weit eben möglich, hier noch fortsetzte. Die physiologischen Versuche wurden angestellt: mit kleinen Insekten, mit rohem Fleisch, hart gekochtem Eiweiss, mit Stückchen eines Pilzes (*Peziza*) und mit trockenen Semmelbröseln, die mit Speichel angefeuchtet wurden.

Alle diese Gegenstände nahe an den Rand von gesunden Blättern der *Ping. alpina,* die noch nichts gefangen hatten, gebracht, bewirkten in nicht langer Zeit eine mehr weniger starke, aber immer ganz deutlich wahrnehmbare Einkrümmung des betreffenden Blattrandes. Längliche Stücke der erwähnten Gegenstände quer über den Mittelnerv des Blattes gelegt, so dass Theile beider Blatthälften berührt werden, verursachten eine Einbiegung beider gegenüberstehender Blattränder. Dies geschah besonders auffallend, wenn die erwähnten Gegenstände nahe zur Spitze des Blattes, in erwähnter Art, aufgelegt wurden. Ein mit Speichel angefeuchtetes, längliches Semmelstückchen, nahe zur Spitze des Blattes quer über den Mittelnerv gelegt, bewirkte eine so starke Einbiegung beider Ränder, dass selbe sich in der Mitte berührten und das Semmelstückchen fast ganz verdeckten; da das verwendete Semmelstückchen in Folge von Aufquellung ziemlich gross wurde, so dauerte in diesem Falle die Einbiegung der Ränder auch längere Zeit als sonst, und war wohl auch desshalb stärker, weil in Folge der Einbiegung die Ränder selbst mit dem aufgelegten Semmelstückchen in Berührung traten und so auch direct gereizt wurden.

Da nun bloss die Ränder des Blattes sich einwärts zu biegen im Stande sind, so muss im zuletzt erwähnten Falle von der Mitte des Blattes ein motorischer Reiz ausgehen, der beide Blattränder zur Einbiegung veranlasst.

Alle genannten Gegenstände bewirkten auch eine stärkere Absonderung der Drüsen und war dieselbe besonders auffallend in dem Falle, wo ein mit Speichel angefeuchtetes längliches Semmelstückchen nahe zur Blattspitze quer über den Mittelnerv des Blattes gelegt wurde. Die beiderseits eingebogenen Ränder bildeten einen Kanal, der ganz mit Flüssigkeit erfüllt war, die von der schnabelartigen Blattspitze in grossen Tropfen herabträufelte. — Die von

den Drüsen abgesonderte Flüssigkeit war bei Blättern, die noch nichts gefangen hatten, fast gar nicht oder nur sehr schwach sauer, dagegen von Blättern, deren Ränder eingebogen waren, stets deutlich sauer und wurde Lakmus-Papier im letzteren Falle immer stark geröthet.

Die im Freien auf den Blättern vorgefundenen Insekten-Ueberreste bestanden meistens nur aus den harten Körpertheilen derselben. Die oben erwähnten, auf die Blätter aufgelegten Gegenstände wurden auch mehr weniger verändert. Hellrothe frische Fleischfasern verblassten bald, wurden dann durchscheinend, später schleimig und verschwanden auch ganz. Hartgekochtes Eiweiss wurde bald gelblich durchscheinend und theilweise auch aufgelöst. Semmelstückchen, ob trocken oder angefeuchtet, quollen immer erst auf, wurden dann etwas schleimig, verschwanden aber nie ganz, sondern liessen immer einen Rückstand zurück.

Aus dem Mitgetheilten ist also, wie auch von vornherein zu erwarten stand, ersichtlich, dass *Ping. alpina* ebenso wie die übrigen *Pinguicula*-Arten Insekten fängt, die Ränder ihrer Blätter über diese, wie über andere Gegenstände einbiegt, dass in Folge davon die Drüsen reichlicher absondern und die nun abgeschiedene Flüssigkeit deutlich sauer wird, sowie, dass die gefangenen Gegenstände mehr weniger verändert und theilweise oder ganz aufgelöst und auch aufgesaugt werden. Die *Ping. alpina* ist also auch ein Insekten- oder Fleischfresser und da ihre Blätter sich auch über Pilzstückchen, sowie über andere Pflanzentheile einbiegen, zum Theil auch Pflanzenfresser.

II. Pinguicula alpina in anatomischer Beziehung.

1. Die Wurzeln. Die Wurzeln der *P. alpina* entspringen — wie schon erwähnt — aus dem kurzen unterirdischen Stämmchen und sind immer einfach, d. h. unverzweigt. Sie variiren in Zahl und Länge, je nach der Grösse und Entwickelung der Exemplare. Bei kräftig entwickelten Pflanzen findet man oft 10—15 Wurzeln von 4—6 cm Länge, bei einem Durchmesser von 1—1$\frac{1}{2}$ mm. Die Wurzeln sind an der Stelle, wo sie hervorbrechen, d. h. an ihrer Basis etwas eingeschnürt, also dünner als in ihrem späteren Verlauf und verjüngen sich wieder allmählich gegen das in eine kleine Spitze auslaufende Ende. Die Wurzelhaube ist klein und schwach entwickelt. Die Oberhautzellen der Wurzeln bilden lange einzellige Wurzelhaare, die jedoch früh herabfallen, und später ist die Oberfläche bedeckt von den abgestorbenen Oberhautzellen und in Folge davon braun gefärbt.

Die Differenzirung der Gewebe tritt schon sehr nahe zum Vegetationspunkt ein und so sieht man auf Längsschnitten, dass die ersten Tracheen im Sinne de Bary's[1]) bis in die unmittelbare Nähe des Vegetationspunktes sich erstrecken; noch etwas weiter reichen die deutlich erkennbaren Zellen der Strangscheide, so dass letztere das erste Gewebe ist, das sich aus dem Urmeristem heraus differenzirt. Querschnitte durch entwickeltere Partien der Wurzeln zeigen, dass auf eine Rindenschicht von 10 und mehr Zellreihen die Strangscheide folgt, deren Zellen radial etwas zusammengedrückt erscheinen (Taf. X. Fig. 20.). Zwischen den Zellen der Strangscheide und den angrenzenden Rindenzellen sind fast durchweg ziemlich grosse, meist viereckige Intercellularräume vorhanden und finden sich solche auch zwischen den meist viereckigen Zellen der ersten inneren drei Zellreihen der Rinde, während sie zwischen den übrigen Rindenzellen fast ganz fehlen.

Die Zellen der Strangscheide sind meist bedeutend kleiner als die angrenzenden Rindenzellen und zeigen in der Mitte ihrer radialen Scheidewände sehr deutlich den schwarzen Punkt, der für so viele Strangscheiden charakteristisch ist (Taf. X. Fig. 20.). Die schwarzen Punkte kommen auch hier, wie sonst, durch Wellung der Scheidewände zu Stande. Auf Längsschnitten erscheinen die Zellen der Strangscheiden rechteckig und sind 4—6mal so lang als breit, auch sieht man, dass die Wellung an den radial gestellten Wänden eine scharf ausgeprägte ist; die Wände sind theils einfach, theils doppelt gewellt und bieten überhaupt ein sehr zierliches Aussehen (IX. 1.).

Die Längenansicht der Rindenzellen ist auch eine rechteckige und deren Länge allgemein grösser als deren Breite.

In der von der Strangscheide eingeschlossenen Gewebepartie treten, wie schon erwähnt, die Tracheen sehr zeitig auf. Die Zahl der Tracheengruppen ist nach den Wurzeln verschieden, in schwächeren ist sie geringer, in stärker entwickelten grösser und variirt zwischen 3 und 7. Im grössten Theil der Wurzel bestehen die einzelnen Tracheengruppen aus 3—5 Tracheen, die gewöhnlich centripetal angeordnet sind und nur seltener anfangs auch nebeneinander entstehen (X. 20.). Im obersten Theil der Wurzel vermehrt sich die Zahl der Tracheen und nahe der Basis und beim Uebergang der Wurzel in den Stamm verschmelzen die einzelnen Tracheengruppen zu ein bis mehreren, undeutlich gesonderten Gruppen, die bis in die Mitte der Wurzel

---

[1]) Hofmeister, Handb. d. phys. Bot. III. Bd. pag. 162.

reichen und meist die frühere Anordnung der Tracheen nicht mehr deutlich erkennen lassen.

In den einzelnen Gruppen sind die äusseren Tracheen etwas enger, als die nach innen nachfolgenden. Erstere sind schraubig verdickt, mit sehr dicht gewundener Verdickungsfaser und bestehen aus langen Gliedern, die sich mit meist schief gestellten Querwänden berühren. Ob es wirkliche Gefässe oder Tracheïden sind, kann ich nicht angeben. Die übrigen Tracheen sind schraubig-netzig verdickt mit Uebergängen zu treppenförmiger Verdickung. Sie bestehen aus kürzeren Gliedern mit meist nicht schiefgestellten Querwänden, auch scheinen die letzteren wirklich durchbrochen zu sein, so dass wir es hier mit wirklichen Gefässen zu thun hätten. Die Glieder aller Tracheen werden in der Wurzelbasis viel kürzer und sind besonders kurz an der Uebergangsstelle in den Stamm, wo sie mit den auffallend kurzgliedrigen Gefässen des Stammes in Verbindung treten. Alle Tracheen in den Wurzeln der *P. alpina* führen zu keiner Zeit Luft; im jüngeren Zustande haben sie einen wässrigen Inhalt, später werden sie von einer gelbbraunen Masse erfüllt, die besonders in der Wurzelbasis stark auftritt und durch Kalilösung ein goldgelbes, glänzendes Aussehen erhält.

Zwischen den Tracheen-Gruppen finden wir die Phloëmbündel, die aus Gruppen von 2- mehr sehr kleinen, polyëdrischen und nicht verdickten Zellen bestehen (X. 20.), so dass der Bast nur als Weichbast vertreten ist, deren Zellen immer einen dichteren Inhalt zeigen, als die übrigen innerhalb der Strangscheide befindlichen Zellen.

Zwischen den Tracheen- und Phloëm-Gruppen einerseits und der Strangscheide andererseits ist das Pericambium, das meist nur eine einfache Zellreihe bildet (X. 20.). Das Auftreten des Pericambiums ist jedenfalls bemerkenswerth, da, wie erwähnt, die Wurzeln der *P. alpina* sich nie verzweigen. Das Gleiche gilt auch für *Dionaea,* deren Wurzeln sich auch nicht verzweigen und doch, wie es Fraustadt abbildet, ein aus mehreren Zellreihen bestehendes Pericambium aufweisen [1]).

Das Gewebe innerhalb der Tracheen-Gruppen besteht aus langgestreckten Zellen, die sich mit graden Querwänden berühren und im Querschnitt 4- mehreckig und isodiametrisch erscheinen. Diese Zellen sind nur in einem kleinen Theile an der Basis der Wurzel theilweise in Gefässe umgewandelt und bilden sonst gleichsam das Mark. Der anatomische Bau der Wurzeln von *P. alpina* entspricht,

---

[1]) Fraustadt in Cohn's Beiträgen II. Taf. III. Fig. 8.

— abgesehen von einem kurzen Theil an deren Basis — einem unentwickelten, gleichsam jugendlichen Zustande, da, wie erwähnt, die Tracheen-Gruppen im grössten Theil der Wurzel meist nur aus 2—5 Tracheen bestehen und die einzelnen Gruppen sich weder seitlich noch gegen die Mitte hin berühren.

In den Wurzel-Rindenzellen ruhender Pflanzen findet man oft zahlreiche Stärkekörner; im Uebrigen sind fast alle Zellen eines Wurzelquerschnittes mit einer blassgelblichen, nicht festen Substanz erfüllt, die durch Kali stark citronengelb wird; diese Färbung tritt besonders in einzelnen Rindenzellen und in den Phloëmbündeln auffallend auf. Diese Substanz scheint dieselbe zu sein, die auch in älteren Gefässen angetroffen wird, und von der früher die Rede war. Die Färbung tritt bei dickeren Querschnitten sehr intensiv auf und erscheinen dieselben dabei gleichmässig citronengelb, die von so behandelten Querschnitten abfliessende Flüssigkeit zeigt die gelbe Färbung auch ganz deutlich.

2. Das Stämmchen. Das kurze, unterirdische Stämmchen von *Pinguicula alpina* ist aussen bedeckt von theils lebenden, theils abgestorbenen Wurzeln und Blattbasen, so dass an demselben eine freie Aussenfläche kaum zu bemerken ist. Unten hat das Stämmchen ein abgebissenes Aussehen, da es in dem Maasse als es oben langsam weiter wächst, unten abstirbt. Seine anatomischen Verhältnisse betreffend erwähne ich, dass die Mitte desselben ein stark entwickeltes Mark aufweist, dessen parenchymatische Zellen zahlreiche Intercellularräume bilden und bei ruhenden Pflanzen mit zahlreichen kleinen, jedoch zusammengesetzten Stärkekörnern dicht erfüllt sind. Um das Mark bildet das Fibrovasal-Gewebe einen Ring, von dem fast auf jedem Querschnitte, die nach den Wurzeln und Blättern ausbiegenden Stränge (4—5 und mehr) ausgehen. Der Xylem-Theil des Fibrovasal-Gewebes besteht aus zahlreichen Gefässen, die theils einzeln, theils gruppenweise auftreten und zwischen denen dünnwandige, parenchymatische Zellen vorkommen. Die Gefässe sind auffallend kurzgliedrig; die Glieder meist so lang als breit oder höchstens zwei- bis dreimal so lang als breit (IX. 3.); die Querwände sind mittelst einer einzigen kreisförmigen Oeffnung durchbrochen, deren Durchmesser auffallend kleiner ist, als der Breiten-Durchmesser des Gefässes (IX. 2.). Die Verdickung ist eine netzig-schraubige (IX. 3.). Diese Gefässe führen auch niemals Luft, sondern sind grösstentheils mit einer gelbbraunen, harzig aussehenden Masse angefüllt, wie wir sie auch in den Gefässen der Wurzel vorfinden, und wird dieser Stoff auch hier durch Kalilösung intensiver gefärbt. Im übrigen

bewirkt Kali wie bei der Wurzel auch hier eine allgemeine gelbe Färbung, die sich auch der Flüssigkeit, in der die Schnitte liegen, mittheilt.

Nach aussen folgt auf den Xylemtheil das Cambium, das aus mehreren viereckigen in unregelmässige, radiale Reihen gestellten Zellen besteht. Das Cambium geht allmählig in den Basttheil über; derselbe besteht aus kleinen Gruppen sehr kleiner, eckiger Zellen, ähnlich denen im Phloëm der Wurzel, und zwischen diesen Bündeln sind dünnwandige, weitschichtigere parenchymatische Zellen anzutreffen. An diese schliessen sich die Rindenzellen unmittelbar an, die nach Aussen grösser werden, dabei Intercellularräume bilden und bei ruhenden Pflanzen mit Stärkekörnern dicht erfüllt sind. Den äussersten Theil des Stämmchens bilden die braungefärbten Ueberreste abgestorbener Zellen.

Auf Längsschnitten durch das Stämmchen sieht man oft, dass der Gefässstrang, der in ein Blatt abbiegt, nach seiner Auszweigung, innerhalb der Rinde des Stämmchens einen Ast nach unten abgiebt, der in eine Wurzel übergeht, und dass somit die Wurzeln hier auch aus der Blattspur entspringen können, obwohl meistens der Gefässstrang der Wurzel bis zur Gefässzone des Stämmchens reicht. —

3. Die Blätter. Die Blätter sind länglich, elliptisch, meist mit schnabelförmiger Spitze und seltener abgerundet, nach unten sich langsam verschmälernd und stiellos an das unterirdische Stämmchen befestigt. Die jungen Blätter sind auch hier wie bei *P. vulgaris* anfangs nach oben gerichtet und zeigen stark einwärts gekrümmte Ränder. Bei ihrer Ausbreitung legen sich später die Blätter nach unten, dicht an den Boden, so eine aus 3—7 Blättern bestehende Rosette bildend. Der Rand ganz entwickelter Blätter steht etwas nach oben und ist nach einwärts gebogen, besonders an dem Theile von der Mitte bis zur Spitze des Blattes, weniger auf der entgegengesetzten Seite, wo sich der Blattrand gegen die Blattbasis hin allmählich verflacht. Der Umstand, dass der Blattrand der *Pinguicula*-Blätter schon ursprünglich nach einwärts gebogen ist, kann als eine vortheilhafte Einrichtung angesehen werden, da in Folge dessen, wie schon früher erwähnt, das Fangen von Insekten erleichtert wird. Dem entspricht, wie mir scheint, bei anderen insektenfressenden Pflanzen, wie *Dionaea* und *Aldrovanda,* die Einrichtung, dass sich die Blätter letztgenannter Pflanzen nicht ganz öffnen, was, wie schon von anderer Seite hervorgehoben wurde, jedenfalls beim Insektenfang von Vortheil ist.

Epidermis. Die Zellen der Epidermis erscheinen im Querschnitt meist quadratisch, ihre äussere Wand ist nur unbedeutend stärker verdickt als die übrigen Wände und meist auch nur schwach nach aussen gewölbt, dies besonders an der unteren Blattfläche über dem Mittelnerv. Die Cuticula ist auch nur sehr schwach entwickelt, was sowohl unmittelbar, als auch in Folge von Anwendung chemischer Reagentien ersichtlich ist, wie weiter unten noch erwähnt werden soll. In der Flächenansicht erscheinen die Epidermiszellen viereckig, meist länger als breit, oder unregelmässig; dabei mit geraden oder mehr weniger gewellten Wänden. Ueber dem Mittelnerv, so wie besonders im ganzen unteren Theile des Blattes sind die Oberhaut-Zellen nach der Längsrichtung orientirt, dabei schmal, d. h. vielmal länger als breit, an den schmalen Seiten mit geraden oder mehr weniger schief gestellten Wänden sich berührend. Nach oben zu nimmt der Längendurchmesser ab und sind auch die schmalen Seitenwände immer senkrecht zur Längsrichtuug gestellt. Im oberen Theile des Blattes vom Mittelnerv gegen den Blattrand hin vorschreitend, nehmen die Oberhaut-Zellen eine mehr unregelmässige Form an, ihre Wände sind mehr weniger gewellt, besonders zierlich im Blattrande, und ist auch ihre Längsrichtung meist gegen den Blattrand orientirt. Der Blattrand selbst besteht aus einer Reihe von Oberhautzellen, deren Längsrichtung mit dem Blattrande parallel ist; ihr äusserer Kontur ist gerade und nur nach Innen schliessen diese Zellen mit gewellten Wänden an die folgenden Oberhautzellen.

Bei den grünen Formen der *P. alpina* enthalten die Oberhautzellen eine farblose Flüssigkeit, bei den rothen Formen, wie schon erwähnt wurde, einen rosarothen Saft. — In allen Epidermis-Zellen findet man ausserdem einen farblosen, mattglänzenden, eckigen Körper, der auf Einwirkung von Jodlösung goldgelb, bis bräunlich wird und etwas zusammenschrumpft, ohne dabei seine eckige Form zu verändern, auf Zusatz von Kalilösung dagegen aufquillt. Es ist der Zellkern, dessen Substanz zum grössten Theil die Form von Krystalloïden annimmt (IX. 4.). In ganz jungen Epidermiszellen sind die Zellkerne homogen und von rundlicher Form, später scheidet sich die Hauptmasse ihrer Substanz in Krystalloïden aus und so findet man denn statt der früheren Zellkerne in jeder Epidermiszelle ein bis mehrere Krystalloïde von einem sehr zarten Kontur umsäumt, der wahrscheinlich der äussersten, etwas dichteren Schichte des ursprünglichen Zellkernes entspricht. Die Form der Krystalloïde ist die von quadratischen oder rhombischen, sehr flachen Täfelchen, welche eben deshalb auf der Flächenansicht matt erscheinen (IX. 4.). Sie

kommen seltener einzeln, meist zu mehreren in einem Zellkerne vor, besonders zahlreich erscheinen sie in den Kernen aus Zellen nahe der Basis älterer Blätter, wo sie oft in unregelmässigen Formen haufenweise auftreten und von einem oft weit abstehenden Häutchen umhüllt sind (IX. 4, a.), das sonst ihnen meist fest anliegt. Diese Krystalloïde kommen nur in den Epidermiszellen und deren Gebilden, den später zu beschreibenden Drüsen, vor, fehlen dagegen den Spaltöffnungs-Zellen und allen übrigen Theilen der *Ping. alpina.* Die Krystalloïde erinnern an die bei *Lathraea* von Radlkofer entdeckten.

Spaltöffnungen. Die Blätter haben sowohl auf der Unter- als auf der Oberseite ziemlich viel Spaltöffnungen, die Zahl derselben nimmt von der Mitte des Blattes gegen den Rand zu, um dann wieder abzunehmen, nur einer verhältnissmässig schmalen Zone am äussersten Rande des Blattes fehlen sie ganz. Die Vertheilung der Spaltöffnungen steht also auch hier, wie bei *Dionaea,* einigermassen in Beziehung zur Funktion der Blätter. Nach Fraustadt (l. c.) kommen auf der Oberseite des Blattes der *Dionaea* keine Spaltöffnungen vor; natürlich, weil hier die ganze Blattoberseite beim Insektenfang betheiligt ist; ähnlich ist auch bei *Pinguicula* der äusserste Blattrand, als derjenige Theil, der hauptsächlich beim Fang und bei der Verdauung der Insekten funktionirt, ohne Spaltöffnungen.

Der Umriss der Spaltöffnungen ist breit-elliptisch, oft beinahe kreisrund; die beiden Schliesszellen haben nicht immer die gleiche Grösse (IX. 5 bei a.). Die Spaltöffnungen sind etwas über die Epidermis emporgewölbt (IX. 8). Der Spalt zeigt einen doppelten Kontur, in Folge dessen er von einem schmalen Saume umgeben erscheint (IX. 5—7.). Dieser Saum kommt daher, dass der Spalt sich nach innen etwas verengt, und da die Spaltöffnungszellen ohnehin nicht sehr dick sind, so sieht man den äusseren weiteren und den inneren engeren Kontur bei derselben Einstellung fast gleich gut. Der erwähnte Saum ist in chemischer Beziehung etwas verschieden von den übrigen äusseren Membrantheilen der Epidermis; behandelt man nämlich Oberhaut-Theile mit Jod und Schwefelsäure, so werden die äusseren Membranen kaum merkbar gelblich gefärbt, während der erwähnte Saum eine deutliche braune Färbung annimmt.

Die Schliesszellen enthalten, wie schon erwähnt, keine Krystalloïde, ihr Inhalt besteht aus einer farblosen Flüssigkeit und wenigen kleinen Chlorophyllkörnern. Unter jeder Spaltöffnung befindet sich eine Athemhöhle, in welche die zahlreichen, im Mesophyll auftretenden Intercellularräume einmünden (IX. 8.).

Die Bildung der Spaltöffnungen entspricht am meisten dem Modus,

welchen Strassburger für Thymus angiebt[1]), jedoch mit Uebergängen zu dem Modus von *Phorbitis, Mercurialis* und selbst von *Sedum.* Die Mutterzelle der Schliesszellen entsteht durch eine ein- bis dreimalige Theilung einer Epidermiszelle (IX. 9. u. 10.). Die Spaltöffnung wird dabei entweder von zwei oder drei Epidermiszellen umgrenzt (IX. 5. u. 7.). Im ersten Falle nimmt sie meist die Mitte einer Querwand zweier Epidermiszellen ein und ist ihr Spalt dabei gewöhnlich senkrecht zu dieser Querwand (IX. 7). Allgemein kommen die Spaltöffnungen nur einzeln vor und sind ohngefähr gleichmässig vertheilt; seltener findet man jedoch auch paarweise auftretende Spaltöffnungen und zwar so, dass die Schliesszellen sich dabei innig berühren (IX. 6).

Drüsen. Die Oberseite der Blätter trägt, wie schon erwähnt wurde, zahlreiche Drüsen, dieselben sind von zweierlei Art, nämlich gestielte und ungestielte, von denen die ersteren schon mit freiem Auge, als weissliche Pünktchen, wahrgenommen werden. Der Bau der gestielten Drüsen ist folgender: Die Epidermiszelle, welche eine gestielte Drüse trägt, ist immer, oft sehr stark, über die Epidermis emporgewölbt (IX. 14, a.); diese als Basaltheil zu bezeichnende Zelle trägt einen mehr weniger langen Stiel, der ein- bis drei- und vierzellig sein kann, an der Spitze des Stieles befindet sich eine kleinere nach oben in den Drüsenkörper emporgewölbte Zelle, welche ich als Columella bezeichnen will (IX. 14, c.). Dieser Columella ist der Drüsenkörper, nach Art einer Kappe, aufgesetzt (IX. 14, e.), so dass die Columella fast ganz verdeckt erscheint[2]). — Die Basalzelle ist immer grösser als die benachbarten Epidermiszellen und enthält, wie diese, einen wässrigen Inhalt und einen Krystalloïde enthaltenden Kern. — Der Stiel ist bei Drüsen nahe dem Blattrande immer einzellig und sieht oft flaschenförmig aus, indem er unten bauchig erweitert, nach oben aber verjüngt erscheint (IX. 11.). Gegen die Blattmitte hin werden die Stiele 2—4zellig (IX. 12. 13.). Die Zellen des Stieles enthalten immer einen glänzenden Kern, dessen Inneres ein Krystalloïd einnimmt, wie er auch in den Epidermiszellen zu finden ist, nur ist er natürlich hier viel kleiner. Der Kern ist im Plasma eingebettet, das als dünner Wandbeleg auftritt und ausserdem zahlreiche vom Kern ausgehende, sich verzweigende Fäden

---

[1]) Siehe Pringsheim's Jahrbücher, 5. Bd. Taf. 38. Fig. 60. 61.

[2]) Der Drüsenkörper sieht etwas schirmartig aus; die Drüsen der *Pinguicula* werden von de Bary (Hofmeister, Handb. d. phys. Bot. III. p. 67) unter den Schuppen angeführt und dabei die Angaben von Schacht und Grönland citirt, deren Angaben aber mangelhaft und nicht ganz richtig sind.

aufweist, in denen, so wie im Wandbeleg zarte Körnchen in Bewegung zu sehen sind. Die Bewegung ist hier wie in so vielen Zellen von Haargebilden eine circulirende. Das Ende des Stiels nimmt die Columella ein, die mehr als halbkugelig erscheint und einen wässerigen Inhalt hat.

Der kappen- oder schirmförmige Drüsenkörper ist von oben betrachtet kreisförmig und besteht aus einer Lage von Zellen, die strahlenförmig angeordnet sind, jedoch reicht nicht jede Zelle bis in die Mitte (IX. 15, a.). Durch zwei sich in der Mitte kreuzende und etwas stärker hervortretende Wände ist der Drüsenkörper in vier Quadranten getheilt, welche durch weitere gegen die ersten Wände schief gestellte Theilungswände in mehrere, verschieden breite und ungleich lange Zellen zerfallen (IX. 15, a.). Nur vier Zellen des Drüsenkörpers reichen bis in die Mitte. Die Zahl der Zellen variirt und steigt bis auf 20 und mehr. Der Inhalt der Drüsenzellen ist blassgelb und hat ein homogenes mattglänzendes, öliges Aussehen. In der Mitte des Blattes sind die Drüsen verhältnissmässig klein und sitzen hier auf den längsten Stielen (IX. 13.), gegen den Blattrand hin werden die Drüsen grösser, die Stiele aber kürzer (IX. 12. 11.); doch sind die äussersten Drüsen nicht die grössten. Die Stiele stehen gewöhnlich senkrecht zur Blattfläche, nur die der äussersten Drüsen sind gegen den Blattrand gebogen (IX. 17, b.). Diese Einrichtung kann, wie mir scheint, mit Bezug auf den Insektenfang als eine vortheilhafte bezeichnet werden.

Die Entwickelung der gestielten Drüsen ist folgende: Gewisse Epidermiszellen bilden einen kurzen Fortsatz (IX. 16, a.), welcher sich später verlängert und in zwei Zellen theilt. Die Theilungswand liegt oberhalb der Epidermis und führt zur Bildung der Basalzelle, welche daher schon von Anfang her über die Epidermis hervorragt (IX. 16, b.). Der obere Theil des Fortsatzes wächst weiter und theilt sich nach einander in 3 — 6 Zellen; die Endzelle ist bei den Fortsätzen der Blattmitte mehr zugespitzt (IX. 16, a'. b'.), an den übrigen Stellen des Blattes aber noch vor Vollendung der letzten Theilungen mehr weniger keulig oder kugelig erweitert (IX. 16, c.). Die nach Abscheidung der Basalzelle folgenden Theilungen führen vorerst zur Bildung der Stielzellen, dann folgt in der obersten, zu dieser Zeit bereits kugelig erweiterten Zelle eine Theilungswand, durch die eine sehr niedere, scheibenförmige Zelle entsteht (IX. 16, d.); diese wird später zur Columella und die Endzelle zum Drüsenkörper. Die obere Wand der Columellazelle ist also anfangs gerade, erscheint aber schon zu der Zeit, wo die zum Drüsenkörper werdende Endzelle

durch eine Längswand in zwei Zellen zerfällt, nach oben gewölbt; an der Stelle einen Winkel bildend, wo die zuletzt erwähnte Längswand sich an die Columella anlegt (IX. 16, e.). Mit der weiteren Entwickelung des Drüsenkörpers wölbt sich die Columella immer mehr empor und wird ihre Wölbung immer mehr kugelig. In der Endzelle folgen auf die erste Längswand zwei dazu senkrechte, wodurch die vier Quadranten des Drüsenkörpers entstehen, in denen dann durch weitere radiale Theilungen, die aber, wie schon erwähnt, nicht bis an die Mitte reichen, die übrigen Zellen des Drüsenkörpers entstehen. Die Theilungen folgen dabei so, wie bei der Entwickelung des Drüsenkörpers der ungestielten Drüsen, und wird davon weiter unten die Rede sein. Die Zellen des Drüsenkörpers wachsen dann sowohl in die Breite und Höhe, als auch nach abwärts, wodurch sie die anfangs gut sichtbare Columella immer mehr verdecken (IX. 16, f. 13. 14.). Der Inhalt der Zellen besteht während der Entwickelung der gestielten Drüsen aus dichtem Plasma, das die Endzelle meist ganz erfüllt, in den übrigen Zellen aber ein bis mehr Vacuolen aufweist (IX. 16, a—f.). In allen Zellen ist ein Zellkern zu finden, der schon hier oft in seinem Innern den eckigen Krystalloïd enthält (IX. 16, e.). — Die ungestielten Drüsen sind im Wesentlichen ähnlich gebaut, wie die gestielten, nur fehlt ihnen der Stiel, doch ist ihr Bildungsplan derselbe. Sie bestehen aus einer niederen Basalzelle, aus einer im Durchschnitt dreieckigen Columella und einem Drüsenkörper, der meist nur zur Hälfte über die Epidermis hervorragt (X. 19, d.d.); nur in seltenen Fällen erhebt sich der Drüsenkörper und selbst die Basalzelle etwas über die Epidermis, so wenn eine ungestielte Drüse in unmittelbarster Nähe einer gestielten entsteht, wo sie dann durch die sich stark emporwölbende Basalzelle der letzteren gleichsam emporgehoben wird (IX. 14, d.). Der Drüsenkörper besteht aus zwei bis zehn und mehr Zellen und ist von oben gesehen seltener kreisrund, sondern mehr elliptisch (X. 18.). Die dem Blattrande nächsten Drüsen sind selbst bei entwickelten Blättern nur 2—4zellig und nimmt die Zahl ihrer Zellen gegen die Mitte zu, so dass man auf demselben Blatte alle möglichen Entwickelungszustände antrifft. Die ungestielten Drüsen kommen selbst ganz nahe zum Blattrand vor und zwar näher als die gestielten (IX. 17, d.d.). Sie entstehen schon an sehr jungen Blättern und früher, als die gestielten Drüsen und erreichen auch früher ihre vollständige Entwickelung. Dieselbe ist kurz folgende: eine sich kugelig etwas emporwölbende Epidermiszelle, die auch durch ihren dichteren Inhalt sich von den benachbarten Epidermiszellen unterscheidet, theilt sich zuerst durch eine Wand, die

tiefer als die Aussenwände der benachbarten Oberhautzellen auftritt, in zwei Zellen, deren untere zur Basalzelle wird, die obere theilt sich bald darauf durch eine Wand, die der ersten sehr nahe liegt, in eine untere sehr niedere Zelle, die später zur Columella wird, und in eine obere, aus der der Drüsenkörper wird. Die Columella beginnt sich auch hier, wie bei den gestielten Drüsen, erst dann emporzuwölben, wenn in der zum Drüsenkörper werdenden Zelle die erste Längswand aufgetreten ist. Von oben gesehen erscheint in der elliptischen Drüsenzelle die erste Wand senkrecht zur Längsachse der Zelle (X. 18, a. b.), darauf folgen zwei zur ersten Wand senkrechte Theilungen, die zur Bildung von 4 Quadranten führen (X. 18, c.); seltener findet man dreizellige Zustände (X. 18, c′). In den Quadranten treten nun nach einander gegen die Quadrantenwände schiefgestellte Theilungen ein, durch welche verschieden breite und lange, jedoch nicht bis in die Mitte reichende radiale Zellen entstehen (X. 18, d—f.), ähnlich, wie es Rauter für die erste Entstehung der Scheibenhaare von *Hippuris* beschreibt[1]). Die ungestielten Drüsen der *Ping. alpina* ähneln nicht nur den ersten Entwickelungsstadien der Scheibenhaare von *Hippuris,* sondern finden ihr Analogon auch in den zweizelligen Papillen, die an der Aussenseite der Schläuche von *Utricularia vulgaris* auftreten.

Besonders zu erwähnen ist noch, dass ungestielte Drüsen bei *P. alpina* (und ebenso auch bei *P. vulgaris,* die ich nach getrockneten Exemplaren untersuchte) auch auf der Unterseite der Blätter vorkommen und zwar recht zahlreich, doch sind sie hier klein, mehr oder weniger in die Epidermis eingesenkt (X. 24.). Ihr Drüsenkörper ist schwach entwickelt, und besteht meist nur aus 2—4, seltener aus 6 Zellen, auch ragt er fast gar nicht oder nur unmerklich über die Epidermis hervor. Leider kann ich nicht angeben, ob seine Zellen auch absondern, doch ist ihr Inhalt dichter und von anderer Beschaffenheit, als bei den Epidermiszellen. Das Auftreten dieser drüsen-

---

[1]) Siehe Weiss, Allg. Botanik. p. 366. — Wenn ich hier die in den Drüsenkörper hineinragende Zelle, welche der von Rauter bei *Hippuris* als Stielzelle bezeichneten Zelle ähnelt, Columella und nicht auch Stielzelle nenne, so geschieht es, weil, wie wir gesehen haben, bei *Pinguicula* die gestielten und ungestielten Drüsen dieselbe Entwickelung, denselben Bildungsgang zeigen, wenn ich also bei den gestielten Drüsen die in den Drüsenkörper hineinragende Zelle als Columella bezeichne, und anders konnte ich sie füglich nicht nennen, so musste ich dies auch bei den ungestielten Drüsen thun, da in beiden Fällen die als Columella bezeichneten Zellen, auf Grundlage der Entwickelung, als aequivalent zu betrachten sind.

artigen Gebilde auf der Blattunterseite ist jedenfalls beachtenswerth; ihre schwache Ausbildung kann, wie mir scheint, als die Folge des Nichtgebrauches aufgefasst werden. Sonst aber können, glaube ich, aus ihrem Auftreten folgende Folgerungen abgeleitet werden. Es ist jedenfalls nicht wahrscheinlich, ja sogar unmöglich, dass die insektenfressenden Pflanzen diese Eigenschaft von Anfang her besessen hätten, sondern sie haben diese ihre Fähigkeit sich erst mit der Zeit erworben. Von diesem Gesichtspunkte ausgehend gelangen wir für *Pinguicula* zu der Annahme, dass die Voreltern der jetzigen *Pinguicula*-Arten einstmals auf ihren Blättern und zwar auf der Ober- wie auf der Unterseite, nur einerlei ungestielte Drüsen-Gebilde entwickelten, vielleicht ähnlich denjenigen, wie sie jetzt nur auf der Unterseite vorkommen, und dass denselben vorerst keine physiologische Aufgabe zufiel. Für diese Annahme spricht einigermassen das Vorkommen analoger Drüsengebilde bei andern Pflanzen — so bei *Hippuris* — wo diese Gebilde scheinbar keinen physiologischen Zweck haben. Später wurden nun bei den Voreltern der *Pinguicula* die Drüsen der Blattoberseite durch darauffallende Gegenstände, oder durch daraufkriechende Insekten afficirt, und dazu angeregt, dass sie theils sich stärker entwickelten, theils aber mehr als ursprünglich abzusondern begannen. Besass die Absonderung für gewisse Stoffe eine lösende Kraft, so musste diese Eigenschaft vor allen denjenigen *Pinguicula*-Pflanzen zu Gute kommen, die zufällig auf armen Boden gelangten und bei denen die Wurzeln sich nur unvollständig entwickeln konnten, sodass dann diejenigen Individuen in der besten Lage waren, deren Drüsen am stärksten entwickelt waren, denn diese konnten natürlich mehr absondern und auch mehr auflösen. Mit der Zeit entwickelten sich dann sogar aus den ungestielten Drüsen die gestielten, die, wie oben beschrieben wurde, mit den ersteren einen ganz analogen Bildungsgang zeigen.

Aehnlich wie für *Pinguicula* könnte man auch für *Utricularia* die Haargebilde im Innern der Schläuche von solchen Papillen, wie sie auf der Aussenseite auftreten, ableiten. Noch leichter ist das für *Aldrovanda* möglich, denn wenn man die Zeichnungen Caspary's[1]) genau vergleicht, so findet man, dass in der Entwickelung der Trichome der Blattunterseite und den Drüsen der Oberseite eine gewisse, deutlich erkennbare Analogie besteht, die sich auch darin ausspricht, dass bei beiden Gebilden ein zweizelliger Stiel vorkommt. Ja sogar die wahrscheinlich reizbaren gegliederten Haare der Blattoberseite

---

[1]) Bot. Ztg. 1859. Taf. IV.

lassen sich, als aus der Umbildung solcher Trichome entstanden, denken, wie sie noch jetzt auf der Blattunterseite vorkommen, und spricht dafür, wie mir scheint, der Umstand, dass beide Gebilde in der Mitte zwischen zwei Epidermiszellen befestigt sind. Schliesslich wäre man selbst verleitet Aehnliches auch für *Dionaea* und *Drosera* zu thun (vergleiche bei Fraustadt l. c. die Fig. 10, Taf. I. mit Fig. 7dr, Taf. II., sowie bei Nitschke, Bot. Ztg. 1861. Taf. IX.).

Gefässbündel. Das aus dem Stämmchen in die Blätter austretende Gefässbündel sendet schon an der Basis des Blattes Zweige aus. Man findet nämlich auf Querschnitten durch die Blattbasis ein mittleres stärkeres Gefässbündel, in dessen unmittelbarer Nähe rechts und links je ein sehr dünnes, nur eine Trachee enthaltendes, gegen den Blattrand hin aber je ein stärkeres Bündel. Das mittlere Gefässbündel besteht in seinem nach der Blattoberseite gewendeten Theile aus meist einzeln stehenden, sehr engen Tracheen, zwischen denen im Querschnitt parenchymatisch aussehende, sonst aber langgestreckte Zellen auftreten; nach der Blattunterseite hin werden die Tracheen weiter und stehen zu mehreren beisammen, an dieselbe schliesst sich unmittelbar der Basttheil an. Derselbe besteht aus mehreren kleinen Gruppen sehr enger Zellen und dazwischen aus weiteren Zellen, ist daher nur als Weichbast entwickelt. Die engen einzeln stehenden Tracheen sind ringförmig verdeckte Gefässe; die Ringe stehen meist ziemlich entfernt von einander und sind oft mittelst schraubiger Verdickungsfasern verbunden; den Querwänden entsprechende Stellen sind an ihnen nicht zu finden. Die weiteren Tracheen sind theils Ringgefässe mit genäherten Ringen, theils engschraubig verdickte Tracheïden mit schiefgestellten Querwänden und an denselben meist etwas erweitert. An den Ringgefässen erkennt man bei Querschnitten durch das Stämmchen leicht die für die Blätter bestimmten Gefässbündel, da, wie erwähnt, solche Gefässe den Wurzelsträngen nicht zukommen.

Im weiteren Verlaufe verzweigen sich die Gefässbündel immer mehr und werden dabei auch dünner. Die Gefässbündel-Verzweigung ist eine netzadrige und besonders im oberen Theile des Blattes eine eigenthümliche. Die vom Mittelnerv ausgehenden stärkeren Seitennerven sind bogig mit einander verbunden; aus den Bogen gehen gegen den Blattrand wieder schwächere Nerven aus, die ihrerseits wieder bogig anastomosiren. Innerhalb dieser grösseren Maschen finden sich schwächere Nerven, die sich verzweigend theils untereinander in Verbindung treten, theils im Mesophyll frei enden. Die äussersten bogenförmigen Verbindungen der Nervenzweige bilden

einen nahe dem Blattrande verlaufenden, sympodialen Strang, von dem — besonders im oberen Theile des Blattes — zahlreiche meist einfache, seltener verzweigte Aeste, verschieden weit gegen den Blattrand vordringen (X. 21.).

Je weiter von der Blattbasis und dem Mittelnerv entfernt, desto dünner werden die Zweige, auch hören damit die Ringgefässe auf und finden sich dann nur mehr engschraubig verdickte Tracheïden, begleitet von einigen sehr engen langgestreckten Cambiform-Zellen. Anfangs weisen die Nerven noch mehrere Tracheïden nebeneinander auf, die äusseren Zweige jedoch enthalten nur mehr eine einzige Reihe. Mit der Verzweigung werden auch die Glieder der Tracheïden immer kürzer und ihre Querwände weniger schief; die äussersten Enden der Nervenzweige bestehen aus ganz kurzen meist etwas erweiterten Zellen, die schraubig verdickt sind und deren Verdickungsfaser hie und da auch Verzweigungen aufweist (X. 22. 23.), wie Aehnliches Darwin auch für *P. vulgaris* erwähnt und wie es auch in den Blättern anderer Pflanzen vorkommt[1]). Diese Endverzweigungen der Nerven dringen manchmal sehr nahe zum Blattrande vor, so dass sie von der den hyalinen Blattrand bildenden Epidermis-Zellreihe nur durch eine Zelle getrennt sind, die dann oft von den übrigen chlorophyllreichen Mesophyll-Zellen sich dadurch unterscheidet, dass sie wenig oder gar kein Chlorophyll, sondern einen wässerigen Inhalt enthält (X. 22, a, a.). Selten kommt es auch vor, dass das Nervenende bis an den Blattrand reicht, so dass die letzte Tracheïde unmittelbar an die äussersten Epidermiszellen grenzt (X. 23.). Gewöhnlich enden die Nerven weiter nach Innen vom Blattrande und grenzt ihr Ende dann an chlorophyllhaltige Mesophyll-Zellen (X. 22.). Die Zellenzüge, aus denen später die Tracheïden-Reihen der Blattnerven entstehen, sind schon zeitig im unentwickelten Blatte zu erkennen und sah ich einigemale in ihnen auch strömende Bewegung. Auch sonst führen die Gefässe und Tracheïden der Blattnerven nie Luft, sondern einen wässerigen Inhalt, und im älteren Zustande enthalten sie manchmal eine gelblichbraune Masse, wie sie ähnlich auch in den Tracheen des Stämmchens und der Wurzel zu finden ist. Dieser Umstand, sowie die eigenthümliche Verzweigung der Tracheen im Blatte spricht dafür, dass sie vielleicht dem Transporte gewisser Stoffe dienen und zwar solcher Stoffe, die unmittelbar mit der Funktion der Blätter, mit dem Insektenfang und deren Verdauung in Beziehung stehen. Ich folgere dies vor allem daraus,

---

[1]) Siehe Hofmeister, Handb. d. phys. Bot. III. von de Bary p. 386 u. w.

dass die Nervenverzweigung, besonders im Blattrande, eine starke ist, und dass die Zahl der gegen den Blattrand senkrecht auslaufenden Zweige besonders in demjenigen Theile des Blattes gross ist, der beim Fangen und Verdauen der Insekten sich am meisten betheiligt, und wo die Einbiegung des Blattrandes am stärksten möglich ist. Im unteren Theile des Blattes, der zur Einwärtskrümmung nicht mehr befähigt ist, finden sich wohl Nerven nahe zum Rande, doch dieselben senden hier keine senkrecht gegen den Blattrand gerichtete Zweige aus, weil dieselben hier wohl auch zwecklos wären.

Mesophyll. Ueber das Mesophyll der Blätter von *P. alpina* ist nicht viel zu sagen; dasselbe besteht aus parenchymatischen Zellen, die um den Mittelnerv und im Blattgrunde meist langgestreckt sind und weniger Chlorophyllkörner aufweisen, dabei auch zwischen sich nur kleinere und weniger Intercellular-Räume bilden. Die übrigen Mesophyll-Zellen sind mehr weniger isodiametrisch und abgerundet oder unregelmässig sternförmig, so dass zwischen ihnen zahlreiche, ziemlich grosse Interstitien entstehen, die mit Luft erfüllt sind und in die unter jeder Spaltöffnung befindliche Athemhöhle münden. Bei *Pinguicula* dienen überhaupt allgemein nur die Intercellularräume der Leitung von Luft. Sonst enthalten die meisten Zellen des Mesophylls zahlreiche, mittelgrosse Chlorophyllkörner, in denen meist viele, mehr weniger entwickelte, kleine Stärkekörnchen angetroffen werden; auch findet sich in den Mesophyll-Zellen ein kleiner rundlicher, meist schwer aufzufindender Zellkern mit glänzendem Kernkörperchen, jedoch ohne Krystalloïd.

Bei den Blättern bewirkt Kalilösung auch eine gelbe Färbung; dieselbe tritt am meisten an jungen, noch unentwickelten Blättern auf und werden dabei besonders die Drüsenkörper lebhaft gefärbt.

4. **Die Blüthen.** Die Blüthen konnte ich leider nur im unentwickelten Zustande untersuchen, da die *P. alpina* in Neuhaus zur Zeit meines Dortseins schon verblüht war, hier aber die Blüthen noch nicht zur völligen Entwickelung kamen. Soviel kann ich jedoch mittheilen, dass die Blüthenstiele sowohl ungestielte, als auch gestielte Drüsen tragen; die letzteren haben aber nur einen einzelligen Stiel und ragt deren Basalzelle kaum über die Epidermis hervor. An dem Kelche treten auch beiderlei Drüsen auf; an dessen Aussenseite sind die gestielten Drüsen gleichmässig vertheilt und auch am Rande auftretend, jedoch nur spärlich vorhanden; ihr Stiel ist auch nur einzellig. Die ungestielten Drüsen kommen nur in der Mitte der Kelchzipfel vor. Die Innenseite des Kelches trägt nur einige ungestielte Drüsen. — An gewissen Stellen der Blumenkrone scheinen

auch Drüsen zu entstehen und zwar nur gestielte; wenigstens fand ich an den jungen Blumenkronen bereits Trichome von verschiedener Länge, aus 1—10 und mehr Zellen bestehend, deren Endzelle bereits etwas kugelig erweitert war und Theilungen aufwies, wie sie an den gestielten Drüsen der Blätter bei der Bildung der Columella-Zelle, sowie der Quadranten des Drüsenkörpers auftreten. — Schliesslich kommen gestielte Drüsen selbst am Pistill und einzeln selbst an den Staubgefässen vor. —

Schnitte durch den Blüthenstiel und die Blüthentheile färben sich in Folge von Kalilösung auch intensiv citronengelb, so dass diese Eigenthümlichkeit allen Theilen der *P. alpina* zukommt.

Zum Schlusse fasse ich die Hauptresultate meiner Untersuchungen in folgenden Punkten zusammen:

1. *Pinguicula alpina* tritt in zweierlei Formen auf; die eine besitzt rein grüne, die andere mehr weniger rothbraun gefärbte Blätter; doch scheinen diese Formen nur den Werth von Standorts-Varietäten zu besitzen.

2. *Pinguicula alpina* ist, wie die übrigen *Pinguicula*-Arten, eine insekten-, d. i. fleischfressende und theilweise auch pflanzenfressende Pflanze.

3. Ihre Wurzeln sind einfach, d. h. verzweigen sich nicht und besitzen nichtsdestoweniger ein Pericambium; die Zellen der Strangscheide haben zierlich, meist doppelt gewellte radiale Längswände und sind das erste Gebilde, das sich aus dem Urmeristem der Wurzelspitze herausdifferenzirt. Der grösste Theil der Wurzel verharrt mit Bezug auf die Gewebe-Ausbildung in einem unentwickelten, gleichsam jugendlichen Zustande.

4. Das Stämmchen besitzt zwischen Mark und Rinde einen Gefässbündel-Ring, der durch sehr kurzgliedrige Gefässe ausgezeichnet ist; die Glieder sind an den Berührungsstellen eingeschnürt und die Querwände mittelst einer einzigen kreisförmigen Oeffnung durchbrochen. Die Gefässbündel der Wurzeln entspringen theils aus dem Gefässkreis des Stämmchens, theils aus der Blattspur.

5. Die ursprüngliche Einwärtskrümmung der Blattränder kann mit Bezug auf den Insektenfang als vortheilhafte Einrichtung aufgefasst werden, da Insekten den Blattrand nicht leicht übersteigen können und daher auch gewöhnlich unter demselben anzutreffen sind.

6. Die Zellen der Blatt-Epidermis enthalten kein Chlorophyll, sondern bei den grünblättrigen Formen einen farblosen, bei den

rothblättrigen einen röthlichen Saft; ausserdem besitzen sie je einen Zellkern, in dem Krystalloïde zu finden sind.

7. Der Blattrand ist durchscheinend und besteht aus einer einzigen Reihe von Epidermis-Zellen.

8. Die Epidermis der Blätter enthält sowohl auf der Ober- als auf der Unterseite ziemlich zahlreiche Spaltöffnungen, die nur am äussersten Blattrand fehlen. Ihre Bildungsweise entspricht am meisten der bei *Thymus* beobachteten, zeigt jedoch auch manche Abweichungen. Der Spalt ist von einem schmalen Saum umgeben, der stärker cuticularisirt ist, als die äusseren Wände der Epidermis-Zellen. Die Spaltöffnungs-Zellen enthalten keine Krystalloïde, sondern nur einige sehr kleine Chlorophyllkörner.

Die Epidermis der Blattoberseite entwickelt zweierlei Drüsen: gestielte und ungestielte. Die gestielten Drüsen bestehen aus einer über die Epidermis hervorragenden Basalzelle, aus einem 1—4 zelligen Stiel, einer halbkugeligen Columella, der ein, aus einer Schichte radial angeordneter Zellen bestehender Drüsenkörper kappenartig aufgesetzt ist. Die ungestielten Drüsen sind ähnlich gebaut, nur mangelt ihnen der Stiel, die Columella ist kegelförmig und der Drüsenkörper ragt meist nicht mehr als bis zur Hälfte über die Epidermis hervor. Der Entwickelungsgang beider Drüsen ist analog.

10. Ungestielte Drüsen kommen auch an der Blatt-Unterseite vor, nur sind sie schwach entwickelt und ragt ihr Drüsenkörper kaum über die Epidermis hervor. Aus ihrem Auftreten kann gefolgert werden, dass die *Pinguicula*-Arten einst nur einerlei ungestielte Drüsen besassen, aus denen sich mit der Zeit auf der Blattoberseite sowohl die stärker entwickelten ungestielten, als auch die gestielten Drüsen entwickelten, womit gleichzeitig sich auch die Fähigkeit der Blätter zum Fang und zur Verdauung der Insekten ausbildete. Anschliessend daran kann Aehnliches auch für *Utricularia* und *Aldrovanda,* ja selbst für *Dionaea* und *Drosera* gefolgert werden.

11. Die Gefässbündel der Blätter sind netzadrig verzweigt und anastomosiren meist untereinander. Die Endverzweigungen vereinigen sich nahe zum Blattrande zu einem sympodialen Strang, von dem zahlreiche, gegen den Blattrand gerichtete Zweige ausgehen, die mit erweiterten, schraubig verdickten Zellen endigen, die manchmal unmittelbar an die Epidermiszellen des Blattrandes grenzen oder von ihnen durch eine bis mehrere Zellen getrennt sind.

12. Die Tracheen der Blätter, sowie auch die der übrigen Theile von *Pinguicula alpina* führen nie Luft, sondern enthalten entweder

eine wässerige Flüssigkeit oder einen gelblichbraunen harzig aussehenden Stoff. Dieser Umstand, sowie die eigenthümliche Verzweigung der Tracheen, in dem besonders zum Insektenfang befähigten Blattrande, scheinen dafür zu sprechen, dass die Tracheen zum Stofftransport dienen, der mit der Funktion der Blätter vielleicht in unmittelbarer Beziehung steht.

13. Die Mesophyll-Zellen bilden unter sich meist ziemlich grosse mit Luft erfüllte Interstitien und enthalten gewöhnlich reichlich Chlorophyllkörner.

14. Stärke findet sich bei *P. alpina* in den Chlorophyllkörnern und ausserdem im Stämmchen und den Wurzeln ruhender Pflanzen, wo sie in kleinen zusammengesetzten Körnchen erscheint.

15. Gestielte, sowie ungestielte Drüsen kommen sowohl an den Blüthenstielen, als auch an den Blüthentheilen vor.

16. Kalilösung ruft in den Geweben der *P. alpina* eine intensive gelbe Färbung hervor.

Budapest, März 1879.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel IX.

Fig. 1. Eine Zelle der Strangscheide in Längsansicht.

Fig. 2. Gefässe aus dem Stämmchen in Queransicht.

Fig. 3. „ „ „ „ „ Längsansicht.

Fig. 4. Krystalloïde aus den Epidermiszellen; a. aus einem älteren Blatte.

Fig. 5—8. Spaltöffnungen; 6. eine Doppeltspaltöffnung; 8. eine Spaltöffnung im Querschnitt.

Fig. 9 und 10. Entwickelungszustände der Spaltöffnungen mit noch ungetheilten Mutterzellen der Schliesszellen.

Fig. 11—14. Gestielte Drüsen; in 14 ist a. die Basalzelle, b. der Stiel, c. die Columella, e. der Drüsenkörper im Durchschnitt, d. eine durch die Basalzelle a. emporgehobene ungestielte Drüse.

Fig. 15. a. ein vom Stiel abgetrennter Drüsenkörper von oben, b. ein anderer von unten gesehen, c. die Columella.

Fig. 16. Entwickelungsfolge der gestielten Drüsen.

Fig. 17. Querschnitt durch den eingebogenen Blattrand, b. die äusserste gestielte Drüse, d. d. d. ungestielte Drüsen.

Tafel X.

Fig. 18. Entwickelung des Drüsenkörpers der ungestielten Drüsen, von der Blatt-Oberseite.

Fig. 19. Partie aus der Blatt-Oberseite im Querschnitt, a. die Basalzelle einer gestielten Drüse, d. d. ungestielte Drüsen im Durchschnitt.

Fig. 20. Aus dem Querschnitt einer stärkeren Wurzel.

Fig. 21. Die Verzweigung der Nerven im Blattrande.

Fig. 22. Nervenendigungen im Blattrande.

Fig. 23. Partie aus dem Blattrande, ein Nerven-Ende zeigend.

Fig. 24. Querschnitt durch die Blattunterseite mit einer eingesenkten ungestielten Drüse.



Untersuchungen über Bacterien.

X.

Studien über die blaue Milch.

Von

Dr. F. Neelsen,

Privatdocent und Assistent am pathologischen Institut zu Rostock.

Hierzu Tafel XI.

Die mykologischen Untersuchungen des letzten Decenniums haben, wenn auch nicht strict bewiesen, so doch in hohem Grade wahrscheinlich gemacht, dass eine Anzahl von Erscheinungen, welche man bisher als einfache Lebensvorgänge des Säugethierkörpers auffasste, Resultanten darstellen aus zwei mit einander combinirten Processen, der Lebensäusserung von Bacterien und der reactiven Thätigkeit der thierischen Gewebe. Nur wenige dieser Processe gehören in das Gebiet der „normalen Functionen," (so z. B. die Verdauung der Milch im Labmagen des Kalbes; Cohn, Beiträge I. 3. pag. 194) bei weitem die Mehrzahl documentirt sich durch ihren deletären Einfluss auf den höheren Organismus als „krankhaft" und es fällt also vor allen Dingen dem Pathologen die Aufgabe zu, dieselben zu untersuchen und womöglich zu analysiren. Mit welchem Eifer man sich der Lösung dieser Aufgabe zugewandt hat, beweist die in wenigen Jahren zu fast unübersehbarer Mächtigkeit angewachsene Litteratur über die Pilzkrankheiten.

Wenn trotzdem über das Wesen dieser Krankheiten mit wenigen Ausnahmen noch tiefes Dunkel gebreitet ist, so liegt das wohl nicht allein in der Schwierigkeit des Gegenstandes, sondern zum nicht geringen Theil in dem Fehlen der nöthigen Vorkenntnisse. Die Beurtheilung einer Resultante setzt die Kenntniss der Componenten voraus; um die complicirten Processe der Infectionskrankheiten würdigen zu können, bedürfen wir ausser der Kenntniss von den Functionen der thierischen Gewebe auch einer Einsicht in das morphologische und biologische Verhalten jener kleinsten Organismen unter einfacheren Verhältnissen als im lebenden Thiere, und eine solche ist uns trotz der zahlreichen Untersuchungen bisher nur in sehr beschränktem Maasse zu Theil geworden. Es wird aus diesen Grün-

den wohl dem Pathologen nicht als unbefugter Uebergriff vorgeworfen werden, wenn er sich auf das zunächst nur dem Botaniker als Fachmann zustehende Gebiet der Beobachtung von Bacterien, welche nicht Krankheitserreger sind, hinauswagt, wie es der Verfasser in den nachfolgenden Studien über die blaue Milch gethan hat. — Das Thema schien insofern der Untersuchung günstige Chancen zu bieten, als einmal der Process wegen der charakteristischen Pigmentbildung leicht zu identificiren und von anderen Zersetzungen zu unterscheiden ist, andrerseits die Form und die Beweglichkeit der bei demselben auftretenden Organismen die mikroskopische Beobachtung und Recognoscirung eher gestattet wie bei den ruhenden Kugelformen der gewöhnlichen pigmentbildenden Bacterien. Trotz dieses Vortheils sehe ich mich zu dem Geständniss genöthigt, dass es mir nicht gelungen ist ein lückenloses Bild, weder von der Morphologie noch von der Biologie dieser Organismen zu erhalten, dass das Band zwischen der grossen Zahl der einzeln beobachteten Thatsachen vielfach nicht durch directe Beobachtung, sondern nur durch Vermuthung geknüpft ist. Da mir zunächst die Verhältnisse eine weitere Verfolgung dieser Untersuchungen nicht gestatten, muss ich die Ausfüllung dieser Lücken fremder Forschung überlassen und kann nur den Wunsch aussprechen, dass meine Arbeit zu weiteren Untersuchungen über das in vieler Hinsicht nicht uninteressante Thema den Anstoss geben möge.

Um die Uebersicht zu erleichtern, habe ich das im Folgenden zu besprechende Material in einzelne Abschnitte eingetheilt, deren Verzeichniss ich zunächst hier folgen lasse:

I. Das spontane Blauwerden der Milch.

Endemisches Auftreten, geographische Verbreitung. Litteratur.

Das spontane Blauwerden der Milch, d. h. die Form, unter welcher der Process gewöhnlich auftritt ohne dass absichtliche Impfungen stattgefunden haben, habe ich selbst bisher nicht beobachten können. Meine Untersuchungen beschränken sich auf die durch Impfung blau gewordene Milch und ich muss mich deshalb bezüglich der ohne Kunsthilfe eintretenden Veränderung auf die Autorität anderer Untersucher stützen. Ich wähle dazu die vortreffliche Beschreibung, welche Haubner in seiner unten erwähnten Abhandlung giebt; dieselbe bietet ein so klares und anschauliches Bild, dass ich schwerlich im Stande wäre auf Grund eigener Beobachtungen etwas besseres an die Stelle zu setzen. Haubner schreibt l. c. p. 46 ff.:

„Unter den gewöhnlichen wirthschaftlichen Verhältnissen entsteht die blaue Milch nur in der warmen Jahreszeit und dauert auch während dieser nur an; etwa vom Frühsommer bis zum Spätherbst. Im Winter habe ich sie niemals entstehen sehen, auch nicht fortbestehen, selbst wenn sie im ganzen Sommer und Herbst zugegen war. Sie verschwand stets mit dem Eintritt der kalten Jahreszeit. — So, wie gesagt, unter den „gewöhnlichen" Verhältnissen, d. i. bei Aufbewahrung der Milch in Milchkammern, wo zuletzt die Milch nur noch langsam und ungenügend säuert und gerinnt. — Anders in kleinen Wirthschaften, bei Aufbewahrung der Milch in warmen Räumen (Wohn- und Schlafstuben). Hier kann sie den ganzen Winter andauern und Jahr ein Jahr aus bestehen. Steinhof erzählt einen solchen Fall von 12jähriger ununterbrochener Dauer in einer Bauernwirthschaft.

„Dauer und Umsichgreifen der blauen Milch in einer Wirthschaft ist sehr verschieden. Gemeinhin erscheint sie zuerst in schwachen Anfängen als vereinzelte kleine Flecke und Punkte und in einzelnen Gefässen. Dabei kann es bleiben und in wenigen Tagen Alles vorüber sein; doch das ist selten. Gemeinhin greift das Uebel um sich. Es werden immer mehr Gefässe blau und die blauen Flecke nehmen zu an Zahl und Ausdehnung. So kann im hohen Grade nahezu die ganze Milch im Gefässe blau werden; meistens bleibt es bei mehr oder weniger ausgedehnten Flecken und grösseren blauen Stellen. — Verschwindet das Blauwerden wieder, so geschieht es entweder unter allmählichem Nachlassen, oder auch ganz plötzlich. Heute kann noch alle Milch blau sein und morgen vielleicht kaum eine Spur davon.

„Während des Bestehens treibt das Blauwerden ein wahrhaft neckendes Spiel. Heute ist die Milch in allen Gefässen blau, morgen sind viele frei. In diesen Gefässen erstreckt sich das Blauwerden möglichst über die ganze Oberfläche und steigt tief hinab; in jenen sind nur einzelne oberflächliche Punkte. Heute wurde die Milch von dieser Kuh blau, von jener nicht; morgen kann es umgekehrt sein. Die Milch derselben Kuh und desselben Melkens wird hier blau, dort nicht. Der Aufbewahrungsort der Milch wird verändert, neue Gefässe angeschafft, ein Futterwechsel vorgenommen, allerlei Mittel versucht und — in dem einen Ort hilft es gründlich, im anderen vorübergehend oder gar nicht. Hier hat dieses, dort jenes Mittel geholfen. Hier bleibt alles wirkungslos, das Uebel kehrt jährlich wieder, dort geschieht nichts und es verschwindet ebenso unerwartet, als es kam.

„Wenn man unter solchen Umständen an den Einfluss dunkler Mächte glaubt und jetzt noch seine Zuflucht nimmt zu einem Zauberspruch und sympathetischen Mitteln, dann kann das in der That kaum befremden. Man könnte zuletzt selbst daran glauben, wenn man nirgends zu allen diesen räthselhaften Erscheinungen Grund und Ursache auffinden kann."

Man wird durch diese Schilderung von dem plötzlichen Erscheinen, der schnellen Ausbreitung auf grössere Quantitäten von Milch, der Verschiedenartigkeit in dem äusseren Ansehen, dem plötzlichen unmotivirten Verschwinden unwillkürlich an die Beschreibungen von dem Auftreten des bekanntesten aller pigmentbildenden Microorganismen, des *Micrococcus prodigiosus*, erinnert, wie sie schon mehrfach in älterer Zeit und neuerdings von Erdmann und Schröter gegeben wurden[1]). — Es existiren jedoch gewisse Verschiedenheiten namentlich betreffs der örtlichen Ausbreitung, welche zum Theil schon in der obigen Beschreibung angedeutet sind, zum Theil in der übrigen Litteratur über blaue Milch ihren Ausdruck finden.

Der *Micrococcus prodigiosus* entspricht in seinem Auftreten gewissen Formen der sogen. epidemischen Infectionskrankheiten, welche in ausgedehnten Wanderungen sich über die verschiedensten Theile der Erdoberfläche ausbreiten, ohne in bestimmten Gegenden sich bleibend niederzulassen. Das Blauwerden der Milch dagegen zeigt eher gewisse Analogien mit den sogenannten endemischen Infectionskrankheiten, deren Hauptvertreter bei uns die

[1]) Der Aufsatz von Wernich (Cohn's Beiträge, Bd. III. Heft 1.) war mir zur Zeit der Abfassung des Manuscriptes nicht bekannt, konnte deshalb auch in den folgenden Sätzen nicht berücksichtigt werden.

Malaria ist. Es erscheint an den Ort gebunden, tritt regelmässig alljährlich in demselben Dorf, demselben Gehöft auf, während die benachbarten Dörfer, ja die benachbarten Häuser desselben Dorfes oft ganz verschont bleiben oder doch nur ganz vorübergehend einzelne sporadische Fälle darbieten. — Der *Micrococcus prodigiosus* ist beobachtet worden in Indien, Kleinasien, Afrika so gut wie in den nördlichen Ländern Europas, in Russland so gut wie in Frankreich und Spanien. Das Blauwerden der Milch verhält sich auch in dieser Beziehung anders. Ich möchte hier auf einen Umstand aufmerksam machen, welcher bisher nicht beachtet worden ist. Eine Durchsicht der Litteratur über blaue Milch mit Rücksicht auf den Wohnort der Verfasser resp. den Ort, an welchem sie ihre Beobachtungen anstellten, scheint zu dem Resultat zu führen, dass die Erscheinung nicht überall in gleicher Häufigkeit vorkommt, vielmehr hauptsächlich in dem Küstengebiet an der Ostsee resp. in der norddeutschen Tiefebene endemisch ist, sich also auf eine nach den Grundsätzen der physikalischen Geographie recht bestimmt abgrenzbare Zone beschränkt. Gleich die erste Veröffentlichung über blaue Milch, die Abhandlung von Borowsky, beruht auf Beobachtungen in einem Ort der norddeutschen Ebene, Frauendorf bei Frankfurt a. O.; Hermbstaedt gründete seine Theorie auf mehrjähriges Studium der blauen Milch an der landwirthschaftlichen Muster-Anstalt in Pankow (bei Berlin); Steinhofs analoge Beobachtungen (einmal 12 Jahre lang dauerndes Auftreten in demselben Gehöft) wurden im Amte Grabow speciell in dem Dorfe Techentin (Mecklenburg) vorgenommen; Fuchs scheint seine Studien in Berlin gemacht zu haben; Gielens Beobachtungen wurden in Mühlhausen in Westpreussen, Wagenfelds in Königsberg angestellt. Haubner hatte alljährlich während seines Aufenthaltes in Eldena (bei Greifswald) Gelegenheit, blaue Milch zu untersuchen, ebenso wie nach ihm Fürstenberg; desgleichen H. Hoffmann und Mosler in Greifswald. Hier in Rostock und Umgegend herrscht das Blauwerden der Milch gleichfalls endemisch und ist eine fast jeder Hausfrau bekannte Erscheinung. Aus anderen Gegenden existiren nur ganz vereinzelte Veröffentlichungen, so von Wiener aus Giessen, Elten aus Prag und von einigen Franzosen; Schröter und Cohn in Breslau haben die Erscheinung selbst nicht beobachtet, sondern erwähnen sie nur referirend[1]). —

[1]) Blaue Milch ist seitdem in Schlesien von mir, sowie von Dr. Friedländer und Krocker in Proskau, jedoch nur in ganz vereinzelten Fällen beobachtet worden. F. Cohn.

Die blaue Milch ist erst verhältnissmässig kurze Zeit der wissenschaftlichen Forschung bekannt; es ist deshalb auch die Menge der über dieselbe veröffentlichten Arbeiten eine beschränkte. Um so auffälliger muss dabei die Zahl der verschiedenen über Wesen und Ursachen des Processes aufgestellten Ansichten erscheinen, — man kann fast behaupten, dass jeder neue Beobachter des Gegenstandes eine neue Theorie zu schaffen versucht habe. Die schon oben erwähnte erste wissenschaftliche Beobachtung von Borowsky datirt aus dem Jahre 1788[1]), derselbe nimmt an, dass eine schlechte Weide und dementsprechend mangelhafte Gesundheit des Vieh's die Ursache der Bläuung sei, er statuirt also eigentlich zwei Ursachen und die ihm folgenden Forscher bemühten sich, indem sie bald nur die eine, bald nur die andere verantwortlich machten, seine Ansicht zu verbessern. Zunächst wurden beide angezweifelt in der 1800 erschienenen Arbeit von Parmentier und Deyeux[2]), ohne dass jedoch von diesen Verfassern eine bestimmte neue Theorie über das wahre Wesen des Processes aufgestellt worden wäre. Dagegen wollten Chabert und Fromage[3]) nur eine Erkrankung der Kühe als Ursache der Bläuung gelten lassen, ohne dem Futter einen bestimmten Einfluss zuzuschreiben. — Die entgegengesetzte Ansicht vertrat Hermbstädt[4]), welcher den Process nur auf die Einwirkung des Futters zurückführte und eine dabei bestehende Krankheit der Kühe leugnete. Seine Meinung ging dahin, dass gewisse Pflanzen, welche einen dem Indigo ähnlichen Farbstoff enthielten (*Hedysarum, Onobrychis, Anchusa, Equisetum, Mercurialis* u. A.), diesen Farbstoff an die Milch abgäben. Diese Annahme blieb auffallend lange in Ansehen und fand selbst in einer Zeit, als schon besser motivirte Theorien aufgestellt waren, immer noch Anhänger. Nur in Bezug auf die Natur des Farbstoffes wurde dieselbe modificirt. So in der Arbeit von Drouard und Leclerc[5]), welche

---

[1]) Pyl's Magazin für gerichtliche Arzneikunde und med. Polizei. Bd. II.

[2]) Parmentier und Deyeux: Neueste Untersuchungen und Bemerkungen über die verschiedenen Arten der Milch. — Aus dem Französischen von Dr. Scheerer. Jena 1800.

[3]) D'une altération du lait de vache, désignée sous le nom du lait bleu, par Chabert et C. M. F. Fromage. Paris 1805.

[4]) Hermbstaedt, Ueber die blaue und rothe Milch. Leipzig 1833. Separatabdruck aus Erdmann's Journal für technische und öconomische Chemie. Bd. XVIII.

[5]) Drouard et Leclerc. Recueil de médecine vétérinaire 1846. (Auszug im Magazin f. d. gesammte Thierheilkunde. XIII. p. 77.)

glauben, dass sich aus den Eisensalzen des Futters blaues phosphorsaures Eisenoxyduloxyd bilde. Dieselbe Ansicht war schon früher in einer kurzen Mittheilung von Nadt[1]) ausgesprochen worden. — Ein wirklich entscheidender Fortschritt in Bezug auf die Kenntniss des hier vorliegenden Prozesses wurde erst durch die Arbeit von Steinhof[2]) gemacht. S. kommt zu folgendem Resultat: „Es liegt dem Blauwerden der Milch ein besonderes Agens, ein Ferment, oder, wenn ich mich so ausdrücken darf, ein Ansteckungsstoff zu Grunde, welcher ursprünglich durch einen besonderen Zersetzungsprocess in der Milch entsteht, sich in die Milchgeschirre und ihren Aufbewahrungsort festsetzt und sich ähnlich wie das flüchtige Contagium der Vieh- und Menschen-Pest, der Pocken, Masern u. s. w. verschleppen lässt, sich anderer gesunder Milch mittheilt und diese in eben den Zustand versetzt wie diejenige war, von welcher es erzeugt worden.“ —

Es muss einen geradezu wunder nehmen, dass S., welcher also eine Uebertragung analog dem Pockengift etc. annimmt, keinen Versuch zum Beweise dieser Annahme durch Impfung gemacht hat. In Folge dieses Mangels fehlte seiner Theorie die wissenschaftliche Begründung, und wirklich fruchtbringend wurde sie erst durch die bahnbrechenden Untersuchungen von Fuchs[3]), durch welche er, gestützt auf zahlreiche Impfungen und mikroskopische Untersuchungen in Gemeinschaft mit Ehrenberg zu dem Resultat kommt, dass das Blauwerden bedingt sei durch die Entwicklung von Vibrionen, für welche er den Namen *Vibrio cyanogenus* aufstellte. — Begreiflicherweise erregte diese Arbeit grosses Aufsehen und wurde von vielen Seiten ohne weiteres angenommen, (namentlich auch in den meisten Lehrbüchern angeführt) und zur Grundlage weiterer Untersuchungen gemacht. So z. B. von Gielen[4]), welcher, gestützt auf Fuchs' Anschauung Desinfectionsmittel zur Beseitigung der Erscheinung empfahl; ebenso in demselben Sinn von Elten[5]) u. A. Jedoch wurden auch Stimmen gegen die Fuchs'sche

[1]) C. Nadt im Pharmaceutischen Centralblatt 1833.

[2]) Steinhof, Ueber das Blauwerden der Milch; Neue Annalen der Mecklenburgischen landwirthschaftlichen Gesellschaft. 1838. Heft 7 und 8.

[3]) C. J. Fuchs, Beiträge zur näheren Kenntniss der gesunden und fehlerhaften Milch der Hausthiere. — Gurlt und Hertwig's Magazin für die gesammte Thierheilkunde. Bd. VII. 2. p. 133.

[4]) Gielen, Kur der blauen Milch der Kühe. Magaz. f. ges. Thierheilk. Bd. VIII. 2. p. 234.

[5]) Elten, Centralblatt f. d. gesammte Landescultur in Böhmen. Prag 1864. No. 45.

Theorie laut, z. B. von Hering[1]) und Wiener[2]). Die wichtigste Arbeit, welche gegen die „Vibrionentheorie" aufgestellt wurde, ist die von Haubner[3]), auf welche ich noch häufig werde zurückkommen müssen. — Haubner hat durch fortgesetzte Impfungen unter den verschiedensten Modificationen und durch eine lange Reihe der mühsamsten und sorgfältigsten Untersuchungen ein höchst reichhaltiges Material gesammelt, welches die Grundlage zu den meisten nach ihm angestellten Untersuchungen lieferte. Er glaubt aus seinen Beobachtungen den Schluss ziehen zu müssen, dass die Vibrionen nicht die Träger des Contagiums sind, dass die Ansteckung vielmehr vermittelt werde durch ein lebloses (chemisches) Ferment, welches in dem sich zersetzenden Käsestoff enthalten sei.

Nach dieser Haubner'schen Arbeit ist nichts wesentlich neues über blaue Milch veröffentlicht worden. Zu erwähnen wäre etwa nur noch die weiter unten eingehender zu besprechende Arbeit von Mosler[4]), welcher mit H. Hoffmann[5]) zusammen, wohl unter dem Einfluss von Hallier'schen Anschauungen, den „Pilz der blauen Milch" mit dem der sauren Milch und dem gewöhnlichen *Penicillium glaucum* identificirt und um die verschiedene Function dieses Pilzes bei blauer und bei nicht blauer Milch zu erklären, auf die veraltete Ansicht zurückgreift, dass Milch, um blau zu werden, eine fehlerhafte Beschaffenheit in Folge von Krankheit der Kuh haben müsse.

II. Impfung der blauen Milch.

1. Substrat der Impfung. Impfmaterial. Bedingungen der Impffähigkeit. Uebertragung des Contagiums durch die Luft.

Die hauptsächlichste und zugleich einfachste und nächstliegende Beobachtung über den Process des Blauwerdens der Milch ist die, dass dieser Process durch Impfung übertragbar ist, dass durch Zusatz einer geringen Quantität blauer Milch zu normaler in dieser die Bläuung sich hervorrufen lässt. Die Uebertragbarkeit durch Impfung, also die Vermehrungsfähigkeit des Contagiums ist eine unbegrenzte; durch ein einziges Tröpfchen blauer Milch kann

---

1) Hering, Repertorium der Thierheilkunde. Jahrgang X. p. 242.

2) Wiener, Zeitschrift für Thierheilkunde und Viehzucht. Bd. IX. Heft 3. p. 352. Giessen 1842.

3) Haubner, Wissenschaftliche und praktische Mittheilungen. — Magazin für die gesammte Thierheilkunde. Bd. XVIII. 1852.

4) Mosler, Ueber blaue Milch und durch deren Genuss herbeigeführte Krankheiten. Virchow's Archiv. Bd. 43. 1868.

5) Vergl. auch Botanische Zeitung 1865. No. 13. p. 108.

man den Process der Bläuung auf eine unbegrenzte Quantität derjenigen Stoffe, welche überhaupt diesem Process anheimfallen können, übertragen. Dieser Satz ist, insoweit überhaupt durch die inductive Methode des Experimentes ein solcher Beweis geführt werden kann, schon von Fuchs, Haubner, Erdmann u. A. bewiesen worden, und ich kann denselben in vollem Umfange bestätigen. Ich habe nur eine einzige Probe spontan blau gewordener Milch bekommen und war im Stande von derselben ausgehend mehr als 200 Impfungen zu machen, ohne eine Abnahme der Impfkraft zu bemerken. An und für sich könnte das selbstverständlich erscheinen, vorausgesetzt, dass wir überhaupt ein Recht haben die Bläuung als mykotische Infection anzusehen. — Aber, auch diese Voraussetzung zugestanden, so wäre die unbegrenzte Impffähigkeit doch nur dann ein selbstverständliches Postulat, wenn man ohne weiteres annehmen könnte, dass die inficirenden „Pilze" den ganzen für sie möglichen Lebenscyclus in der blauen Milch durchmachten, dass kein Generationswechsel bei ihnen stattfinde, — eine Annahme, welche sich nach der Analogie mit anderen niederen Pflanzenformen keineswegs a priori stellen lässt und die ich auch auf Grund meiner Untersuchungen widerlegen kann. Deshalb glaube ich die Thatsache der unbegrenzten Impfbarkeit schon hier betonen zu sollen.

Jedoch muss ich, um einem naheliegenden Missverständniss vorzubeugen, gleich hier bemerken, dass der obige Satz „die Impfbarkeit ist unbegrenzt" nur so verstanden werden darf, dass man im Stande ist, von einer minimalen Quantität blauer Milch aus nacheinander durch wiederholte Impfungen (indem man jedesmal die zuletzt als Substrat der Impfung benutzte Milch als Impfmaterial für eine neue Quantität verwendet) ungemessene Mengen anderer Körper, speciell anderer Milch zu inficiren. Dagegen ist die Menge der Milch, welche durch eine einmalige Impfung, etwa von einem Tropfen blauer Milch zum Blauwerden gebracht werden kann, beschränkt und zwar in sehr wechselndem Maasse. — Selbst bei Anwendung verhältnissmässig kleiner Gefässe gelingt es selten die ganze in ihnen enthaltene Quantität blau zu machen, meist verfällt nur ein mehr oder weniger grosser Theil diesem Process, während der Rest weiss bleibt. Auf die Details der hier obwaltenden Verhältnisse werde ich später noch ausführlicher eingehen müssen. Vorläufig sei nur soviel bemerkt, dass diese Beobachtung keineswegs als eine Widerlegung der obigen Behauptung aufzufassen ist, sondern durch den Umstand ihre Erklärung findet, dass Milch ausserhalb des Euters nicht beliebig lange Zeit unverändert bleibt, viel-

mehr Zersetzungen eingeht, welche den durch die Impfung angeregten Process zu paralysiren geeignet sind.

Die Blaufärbung durch Impfung lässt sich erzielen bei Milch jeder Art. Es ist das schon von Haubner und Anderen in Bezug auf die Kuhmilch nachgewiesen worden [1]) und insofern von principieller Bedeutung, als es die veraltete, vor einigen Jahren von Mosler [2]) wieder aufgenommene Hypothese, dass das Blauwerden auf einem krankhaften Zustand der Milch beruhe, widerlegt. Die Fähigkeit blau zu werden ist auch nicht auf Kuhmilch beschränkt, wohnt vielmehr wahrscheinlich jeder Milch inne, einerlei von welchem Thiere dieselbe stammt. Direct nachgewiesen ist es durch Fuchs [3]), dessen Experimente ich z. Th. wiederholt habe und bestätigen kann, für Schafs-, Ziegen-, Stuten-, Esels- und Hundemilch. Ich kann dieser Reihe nach meinen Untersuchungen noch die Frauenmilch hinzufügen. — Ausser in der Milch lässt sich nun aber das Blauwerden noch in einer grossen Zahl anderer Körper hervorrufen, wenn auch meist nicht in so intensiver Weise und nicht mit der gleichen Sicherheit. Zunächst bei allen darauf hin geprüften Substanzen, welche pflanzliches Eiweiss enthalten. Es sind das Mandelmilch, gekochte Kartoffeln, Reisbrei, Pflanzencasein aus Bohnen dargestellt (jedoch nur als Niederschlag, nicht in Lösung), Arrowroot, die sogenannte „Kindermilch" etc. Auffällig ist dem gegenüber die Thatsache, dass es bisher noch niemandem gelungen ist auf thierischem Eiweiss (Hühnereier, Blutserum etc.) weder in gelöstem noch in geronnenem Zustand Bläuung hervorzurufen. Auch chemisch reines Casein vermochten weder Haubner [4]) noch ich zur Blaufärbung zu bringen.

Die Analogie anderer „Pigmentgährungen" der durch *Micrococcus prodigiosus, cyaneus* etc. bedingten Färbungen musste es, nachdem von Cohn [5]) nachgewiesen worden, dass dieselben, obwohl beim spontanen Auftreten an das Vorhandensein von Eiweiss geknüpft, doch auch in gewissen eiweissfreien Flüssigkeiten sich entwickeln können, auch für die blaue Milch wahrscheinlich machen, dass man eine eiweissfreie Lösung werde darstellen können, die in derselben Weise wie Milch dieser Bläuung in Folge von Impfung ausgesetzt wäre. Und es ist mir auch, freilich erst nach zahlreichen vergeb-

---

[1]) Haubner, l. c. p. 169. [2]) Mosler, l. c. p. 168 u. 180.
[3]) Fuchs, l. c. p. 193. [4]) Haubner, l. c. p. 73.
[5]) Cohn, Beiträge zur Biologie der Pflanzen. Band I. Heft 2. p. 207. Breslau 1872.

lichen Versuchen gelungen, eine solche Lösung zu finden. Dieselbe besteht aus einer Mischung von neutralem milchsaurem Ammoniak und der Cohn'schen Nährlösung für Bacterien [1]). Es wird also auch hierdurch die nahe Verwandtschaft der blauen Milch mit den übrigen durch Bacterien erzeugten Pigmenten bewiesen.

Von jedem auf diese Weise blau gewordenen Körper kann durch Impfung auf Milch wieder Bläuung erzielt werden. Dieselben erleiden also nicht nur eine analoge Zersetzung wie die Milch während des Blauwerdens, sondern sie conserviren auch während dieses Processes das Contagium in einem zu weiterer Impfung geeigneten Zustande. Es sind das zwei Eigenschaften, die man zunächst für identisch halten könnte, die jedoch, wie eine weitere Reihe von Experimenten ergiebt, nicht identisch sind. Es existirt nämlich eine grosse Anzahl von Stoffen, welche ohne selbst blau zu werden, den impffähigen Stoff conserviren, so dass man von ihnen aus wieder blaue Milch erzeugen kann. Schon Fuchs erwähnt solche, und Haubner sagt direct (l. c. p. 149): „Mit allen Stoffen, mit denen ich es versuchte, ist es mir gelungen blaue Milch zu erzeugen, wenn ich sie zuvor mit solcher inficirt hatte," und führt als derartige Stoffe speciell an: Althee-, Schwarzwurzel- und Quitten-Schleim, Salep, Stärke, Mehl, Kartoffeln, Zuckerlösung, arabischen und Traganth-Gummi, Hausenblase etc. Ich habe einige dieser Stoffe selbst wieder geprüft mit dem gleichen Resultat und bin überzeugt, dass es

---

[1]) Da das milchsaure Ammoniak, wie alle milchsauren Salze, sich schnell zersetzt, ist es räthlich sich dasselbe erst jedesmal vor dem Gebrauch frisch darzustellen. Ich habe mich dazu der folgenden Methode bedient: 7½ Ccm conc. Milchsäure mit 15 Ccm Aqua dest. vermischt, werden mit einer concentrirten Lösung von Ammonium carbonicum saturirt. (Beim Neutralisiren der Milchsäure mit Ammon. caustic. erhielt ich stets negative Resultate, wohl weil der nicht zu vermeidende geringe Ueberschuss von freiem Ammoniak die Entwickelung des Processes hindert.) Von der so erhaltenen Lösung von milchsaurem Ammoniak werden 30 Ccm zu 100 Ccm der folgenden Nährlösung gesetzt und mit derselben gekocht: Aq. dest. 100,0, Ammon. tartaric. 0,5, Kal. phosphor. 0,2 und einige Tropfen von Magnesia sulfur. und Calcar. sulfuric. in Lösung. — Die von Cohn angegebenen Mischungen seiner Nährlösung mit essigsauren Salzen erlitten keine Bläuung, ebenso die Mischungen der Cohn'schen Flüssigkeit mit milchsaurem Kali oder Natron. — Ich glaube jedoch, dass sich die von mir angegebene Nährlösung durch weiteres Fortsetzen der Versuche und Modificationen der Concentration noch wesentlich wird verbessern lassen; denn so wie ich sie angewandt habe, ergiebt sie nicht ganz sichere Erfolge, etwa auf je 4 Impfungen 3 mal Bläuung, einmal nicht. Mir gebrach es an Zeit, den Gegenstand weiter zu verfolgen, und zur Constatirung der Thatsache genügt ja auch das Vorstehende. —

mir ein Leichtes gewesen wäre, durch weitere Experimente in dieser Richtung die obige Reihe um dasDoppelte und Dreifache zu vermehren. Damit wäre jedoch ohne genaue mikroskopische Untersuchung jedes einzelnen dieser Körper, welche wegen der dazu erforderlichen übermässig langen Zeit unthunlich erschien, für die Kenntniss des uns hier beschäftigenden Processes so gut wie gar nichts gewonnen gewesen. Ich habe mich deshalb auf die Prüfung einiger weniger dieser Stoffe namentlich mit Berücksichtigung der mikroskopischen Vorgänge in denselben beschränkt. — Von den früher angewandten habe ich nur den Altheeschleim, destillirtes Wasser und Gummi- resp. Zuckerlösung benutzt, ausserdem aber mit besonderer Sorgfalt und in sehr zahlreichen Experimenten das Verhalten der gewöhnlichen Cohn'schen Nährlösung, welche ohne blau zu werden eine sehr reichliche und charakteristische Bacterien-Entwickelung liefert, untersucht, und endlich das Glycerin. Auf die Einzelheiten dieser Experimente kann ich erst bei Besprechung der mikroskopischen Befunde ausführlicher eingehen. — Hier will ich nur noch die Bemerkung hinzufügen, dass es nicht gelingt von der blauen Milch aus irgend einen anderen Farbstoff zur Entwicklung zu bringen als immer denselben blauen. Die die Bacterien enthaltenden Körper, welche nicht die charakteristische Blaufärbung annehmen, bleiben ungefärbt.

Nachdem wir in obiger Aufzählung die zur Uebertragung und Conservirung des Contagiums geeigneten Körper kennen gelernt haben, drängt sich zunächst die Frage auf: unter welchen Verhältnissen bleibt das Contagium wirksam, wie lange lässt es sich erhalten, durch welche Einflüsse wird es zerstört?

Beginnen wir mit dem ursprünglichen Träger derselben, der blauen Milch, so wäre hier zunächst zu erwähnen, dass das Contagium einer einmal inficirten Milch schon zu weiterer Infection geeignet ist, ehe die Blaufärbung begonnen hat. Die letztere pflegt erst 1, 2 oder 3 Tage nach der Infection aufzutreten, die Ansteckungsfähigkeit ist meist schon nach $\frac{1}{2}$ Tag vorhanden. In Bezug auf diesen Umstand stimmen meine Untersuchungsresultate mit denen der früheren Beobachter vollkommen überein. In anderer Beziehung bin ich zu abweichenden Ergebnissen gekommen. Nach Haubner sollten zwar alle blau gewordenen Theile der Milch Träger des Contagiums sein, jedoch nur für eine bestimmte Zeit, und ihre Ansteckungsfähigkeit sollte erlöschen während die blaue Färbung noch andauert. Ich habe mich von der Richtigkeit dieses Satzes nicht überzeugen können, war vielmehr stets im Stande, so lange noch eine Spur von blauer Farbe vorhanden war, den Process durch Impfung zu übertragen. Aller-

dings erreicht er, wenn in sehr späten Stadien abgeimpft wurde, bei der neugeimpften Milch meist nur eine geringe Ausdehnung, weil in diesen späten Stadien stets Oidium und oft auch der Bacillus der Buttersäuregährung mit überimpft wird und die pigmentbildenden Bacterien überwuchert. —

Das in der blauen Milch enthaltene Contagium erweist sich nach den Versuchen von Fuchs und Haubner verhältnissmässig widerstandsfähig gegen die Mineralsäuren, gegen viele Alkalien und Salze, ja auch gegen einige Desinfectionsmittel, namentlich Chlor. — Ich kann diesen Angaben nach eigenen Beobachtungen nichts Neues hinzufügen. — Die Impffähigkeit bleibt ferner erhalten innerhalb ziemlich beträchtlicher Temperaturdifferenzen. Während die Impfungen am sichersten gelingen von blauer Milch, welche in einer Temperatur von ca. 15° C. sich befindet, derselben Temperatur, unter welcher auch der Process am besten sich entwickelt, wird doch auch durch bedeutende Erniedrigung der Temperatur die Impfkraft nicht vernichtet. Fuchs[1]) und Haubner[2]) haben blaue Milch gefrieren lassen, und der letztere hat sie selbst 14 Tage lang in gefrorenem Zustande erhalten ohne nach dem Aufthauen eine Verminderung der Impfkraft zu bemerken. (Auffällig erscheint bei diesen Versuchen namentlich die Widerstandsfähigkeit gegen lange dauernde Kälte. — Die Fähigkeit kurz dauernde Abkühlungen selbst viel bedeutenderer Art, bis —110° C. zu ertragen, scheint ja nach den Versuchen von Frisch[3]) vielen, wenn nicht allen Bacterien zuzukommen.) Weniger resistent zeigte sich das Contagium (in der blauen Milch) gegen Temperaturerhöhung. Kochen, ja schon eine Erhitzung auf 70—75° C. vernichtet die Impffähigkeit. — Getrocknete blaue Milch, vorausgesetzt dass sie durch Verdunstung, nicht durch Eindampfen getrocknet ist, bewahrt ihre Impfkraft und zwar verhältnissmässig lange Zeit. Fuchs hat von einem, auf einem Glasplättchen eingetrockneten Tropfen blauer Milch nach 3 Wochen erfolgreich geimpft, Haubner nach 6—8 Wochen. Ich selbst habe über Schwefelsäure getrocknete blaue Milch seit ca. 3 Monaten aufgehoben und bisher keine Abnahme der Impfkraft bemerkt.

Wenn demnach schon in der blauen Milch selbst das Contagium eine bedeutende Lebenstenacität zeigt, so gilt das in noch höherem

---

[1]) l. c. p. 195. [2]) l. c. p. 158.

[3]) Frisch, Ueber den Einfluss niederer Temperaturen auf die Lebensfähigkeit der Bacterien. Sitzungsber. d. K. K. Akad. d. Wissensch. in Wien. Bd. 75 u. Bd. 80. (Mitgetheilt in d. medicinischen Jahrbüchern 1879. III. u. IV.)

Maasse von dem in anderen Stoffen conservirten, soweit in dieser Richtung Untersuchungen angestellt wurden. Haubner hat getrockneten Altheeschleim noch nach 5 Jahren impfkräftig gefunden und empfiehlt deshalb diese Substanz besonders zur Conservirung des Impfmaterials. Ich bin überzeugt, dass man mit der gewöhnlichen Cohn'schen Nährlösung ein gleiches Resultat erlangen könnte, jedoch erstrecken sich meine Beobachtungen nicht über so lange Zeiträume. Das gleiche gilt vom Glycerin. — Schon eine Verdünnung der blauen Milch mit grösseren Mengen destillirten Wassers ermöglicht, während die Blaufärbung schnell verschwindet, ein Conserviren der Impfkraft auf mehrere Monate. — Auch die Resistenz gegen erhöhte Temperatur zeigt sich in bemerkenswerther Weise verstärkt. Man kann Altheeschleim bei einer Temperatur von 100° C. trocknen, ohne dass er seine Impfkraft einbüsst. Ebenso kann man getrockneten Altheeschleim in Wasser $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Stunde kochen und findet ihn nachher ebenso geeignet zur Uebertragung wie vorher. Auch die Bacterien in Cohn'scher Nährlösung vertragen wenigstens ein kurz dauerndes Kochen sehr gut. — Die mikroskopische Untersuchung giebt für diese Verschiedenheiten in der Lebensfähigkeit unserer Organismen genügende Erklärung. In der blauen Milch finden wir nur durch Theilung sich fortpflanzende Generationen. In den anderen Substanzen handelt es sich um Sporen. —

Ich habe bisher immer nur von der Uebertragung durch Impfung gesprochen, und es kann wohl auch keinem Zweifel unterliegen, dass diese Art der Fortpflanzung, also die directe Vermischung des zu inficirenden Körpers mit einer gewissen Menge der infectiösen Substanz die gewöhnlich vorkommende ist, nicht nur wo dieselbe absichtlich eingeleitet wird, sondern auch in den Fällen, wo das Blauwerden ohne und gegen den Willen des Milchbesitzers eintritt. — Damit ist aber nicht gesagt, dass sie auch die einzig mögliche Form der Uebertragung sei. Es scheint vielmehr in seltenen Fällen auch eine Uebertragung durch die Luft vorzukommen. Steinhof hielt diese Art der Infection sogar für die gewöhnliche; Fuchs glaubte sie, nach der Entdeckung der „Vibrionen“ vollkommen läugnen zu können, und Hering, welcher in dieser Hinsicht erfolgreiche Experimente anstellte [1]), stützt hauptsächlich darauf seinen Widerspruch gegen die „Fuchs'sche Vibrionentheorie“ und glaubt, man müsse als Contagium ein flüchtiges Ferment annehmen. Haubner hat gleichfalls Versuche angestellt und es ist ihm einmal gelungen

[1]) Hering, l. c. p. 242.

nach Zusammenstellung von 2 Gefässen mit gesunder und mit blauer Milch unter einer Glasglocke eine Inficirung der gesunden Milch zu beobachten. — Mir ist bei wiederholten Versuchen das Experiment nie gelungen. — Trotzdem kann an der Thatsache einer bisweilen vorkommenden Uebertragung durch die Luft wohl nicht gezweifelt werden; und dieselbe erscheint ja auch keineswegs als im Widerspruch stehend mit der Annahme eines organischen Contagiums, sondern sehr wohl erklärlich. Da die Bacterien resp. deren Sporen in trockenem Zustande impfkräftig bleiben, so ist es selbstverständlich, dass in Räumen, in welchen lange Zeit blaue Milch in grösserer Quantität aufbewahrt wurde, sich derartige getrocknete Bacterienmassen den Staubtheilchen der Luft beimischen und mit denselben auf die Oberfläche unbedeckt stehender Milch fallend, diese inficiren können (nicht müssen [1]). Es lassen sich deshalb gegen die Richtigkeit der Beobachtungen von Steinhof und Haubner, dass Milch, welche in solchen Räumen steht, unter Umständen auch ohne vorgängige Impfung blau wird, begründete Zweifel nicht erheben. Anders steht es in Bezug auf die mit frischer blauer Milch angestellten Experimente von Hering und Haubner; hier könnte man immer noch zweifelhaft sein, ob nicht in den wenigen erfolgreichen Fällen doch eine unbeabsichtigte Impfung vorgelegen habe, und ich möchte das wegen meiner eigenen erfolglosen Versuche annehmen.

2. Verschiedenheiten im Effect der Impfung. Abhängigkeit derselben von der Beschaffenheit der Milch, vom Impfmaterial, von äusseren Verhältnissen, von der Witterung.

Betrachten wir als Zweites die Verschiedenheiten im Effect der Infection und die sie bedingenden Verhältnisse! Um nicht durch übermässige Anhäufung von Material den Leser zu ermüden und die Klarheit der Darstellung zu schädigen, will ich hier nur die relativ einfachen Verhältnisse berücksichtigen, wie sie bei Impfung auf Milch beobachtet werden. — Man findet hier 1. eine verschie-

---

[1]) Experimente von Cohn (Beitr. z. Biol. d. Pfl. I. 3. p. 150) haben es sehr wahrscheinlich gemacht, dass eine selbst an Bacterienkeimen reiche Luft nur unter besonders günstigen Bedingungen auf eine Flüssigkeit inficirend wirken kann, dann nämlich, wenn diese Keime schon mit Wasser durchtränkt und gequollen sind, während sie sonst „als unendlich leichte und vermuthlich von einer Gallerthülle umgebene Körperchen im Wasser nur mit besonderer Schwierigkeit zurückgehalten, meist aber — — — wieder fortgerissen werden ohne benetzt zu sein, ähnlich wie dies etwa mit den Sporen von Lycopodium der Fall ist.“ — Vergleiche auch die Experimente v. Dowdeswell. (Quarterly Journal of microscop. science. Bd. XVIII. 1872. p. 82.)

dene Ausdehnung der Bläuung. Es ist schon oben bemerkt worden, dass es nur in seltenen Fällen gelingt, alle in einem Gefäss enthaltene Milch gleichförmig blau zu machen, dass vielmehr meistens nur ein Theil der Milch blau wird. In den geringsten Graden bemerkt man auf dem Sahnehäutchen einzelne erbsen- bis linsengrosse blaue Fleckchen und findet unterhalb desselben die geronnene Milch höchstens wie mit einem bläulichen Anflug bedeckt. Ist der Process besser ausgebildet, so wird auch die Oberfläche des geronnenen Milchkuchens blau, entweder fleckweise oder in ihrer ganzen Ausdehnung. Dabei kann die Sahne gleichfalls vollständig blau werden, oder sie bleibt zum grössten Theile weiss. — Das zwischen Sahne und Caseinkuchen sich ansammelnde Serum bleibt oft farblos, oder färbt sich nur sehr schwach; in anderen Fällen nimmt es auch die blaue Farbe an und bisweilen so stark, dass es dunkler blau ist als die Milch selbst. — Die Blaufärbung des geronnenen Käsestoffs beschränkt sich meist auf die Oberfläche und dringt nur etwa 3—5 mm in die Tiefe; in anderen Fällen kann er aber auch in seiner ganzen Masse, selbst in einer mehr als 2 cm dicken Schicht blau werden. Er nimmt dabei eine weichere, schmierigere Consistenz an und zerfliesst oft fast vollständig. Aehnlich wie die Ausdehnung der Bläuung wechselt auch die Farbe; jedoch scheint die Intensität und Art der Farbe nicht immer der Intensität des Processes zu entsprechen, vielmehr auf andere Verhältnisse begründet zu sein, die mir nicht bekannt sind. Die Farbe kann schwanken zwischen einem ganz blassen Hellblau und dem dunkelsten Indigoblau, der Farbenton schwankt zwischen Blauviolet, Himmelblau und Grünblau, geht sogar hin und wieder, namentlich an den eintrocknenden Rändern in ein schönes Meergrün über.

Weitere Verschiedenheiten liegen 2. in der Dauer der Incubationszeit (zwischen Impfung und dem Eintritt der Bläuung) und in der Dauer der Bläuung. Durchschnittlich verstreichen etwa 60 Stunden bis die Bläuung in der geimpften Milch deutlich wird; jedoch kann unter Umständen der Process auch viel früher eintreten; ich habe mehrfach schon nach 20 Stunden deutliche Blaufärbung gesehen und Haubner giebt das gleiche an. Andererseits kann der Eintritt sich bedeutend verzögern; eine Verzögerung bis zum 3. resp. auch bis zum 4. Tag ist recht häufig, und unter Umständen verstreichen bedeutend längere Zeiträume; so habe ich verschiedentlich erst am 6. und 8. Tag die Bläuung eintreten sehen und Haubner sogar erst nach 10 und 12 Tagen. — Die Dauer der Bläuung schwankt zwischen 3—4 und 14 Tagen. Gemeiniglich

ist nach 5—6 Tagen der Process auf seinem Höhepunkt angelangt. Es bilden sich dann auf der blauen Milch weisse Flecken (Oidiumwucherungen), und je mehr diese sich ausbreiten, blasst die Farbe ab, geht in ein Graublau, in reines Grau über und nach 2 oder 3 Tagen ist alles von Pilzen überwuchert. — In den Fällen, wo die Pilze später auftreten, hält sich oft die blaue Farbe dementsprechend länger, jedoch verschwindet sie bisweilen ebenso schnell und unter dem gleichen Farbenwechsel, noch ehe Pilzwucherungen sich ausgebildet haben.

Diese in dem Vorhergehenden aufgezählten Verschiedenheiten sind abhängig zunächst von der Beschaffenheit der als Substrat der Impfung benutzten Milch. Jede Kuhmilch ist geeignet blau zu werden, jedoch ist die Disposition dazu eine verschiedene und zwar aus folgenden Gründen: Jede Milch geht nach ihrer Entleerung aus dem Euter einen Zersetzungsprocess ein, welcher im Lauf einiger Stunden oder Tage zur Säurebildung und Gerinnung führt. Die Schnelligkeit, mit welcher dieser Process abläuft, ist bei verschiedenen Milchsorten eine verschiedene und mit ihr hängt aufs engste die Fähigkeit blau zu werden zusammen. Die Milch ist nämlich nur zu der Zeit vor der vollständigen Gerinnung zur Aufnahme und Fortentwicklung des Contagiums geeignet. Impfungen, welche nach vollständiger Gerinnung vorgenommen werden, bewirken keine Bläuung, und auch bei Impfungen, die vor dem Eintritt der Gerinnung stattfinden, tritt nur dann eine vollständige Entwicklung der blauen Farbe ein, wenn nach der Impfung den Bacterien noch genügend Zeit übrig bleibt, sich in der Milch zu verbreiten (und die zur Pigmentbildung geeignete Generation zu entwickeln), ehe die vollständige Gerinnung ihrer Wirksamkeit ein Ziel setzt. — Nach diesen Erörterungen lassen sich die Verhältnisse, welche die Disposition der Milch zum Blauwerden erhöhen und erniedrigen, leicht construiren, und die experimentelle Untersuchung bestätigt die so theoretisch gewonnenen Sätze. Es ist nämlich die Disposition zum Blauwerden bei einer Milch um so grösser, je langsamer sie gerinnt. Eine solche wird einmal zur Aufnahme des Contagiums am längsten geeignet bleiben, andererseits aber auch bei frühzeitiger Impfung dem Contagium am meisten Zeit zur Ausbreitung und Vermehrung lassen, also eine möglichst weite Ausdehnung des Processes erlauben. Jede Milch wird deshalb am geeignetsten sein zur Impfung, wenn sie frisch gemolken ist, und wird um so ungeeigneter werden, je länger sie schon nach dem Melken gestanden hat. Es wird ferner von verschiedenen Milchsorten diejenige am geeignetsten sein, welche bei

der Entleerung am stärksten alkalisch reagirt. Das ist unter normalen Verhältnissen der Fall bei der Milch altmelkender Kühe, ferner (nach Haubner) bei gewissen Futtersorten, und ausserdem tritt die alkalische Reaction der Milch in erhöhtem Grade auf bei den meisten Krankheiten des Euters, durch welche der Milch Eiter, Blut etc. beigemischt werden. Natürlich wird eine in gleicher Weise vermehrte Disposition auch vorhanden sein, wenn man durch künstliche Mittel, (abgesehen natürlich von desinficirend wirkenden) das Säuren der Milch verzögert; es ist hier namentlich als das einfachste und zweckmässigste das Mittel zu erwähnen, welches die Hausfrauen empirisch zur Erreichung dieses Zweckes anwenden, das einmalige Aufkochen der Milch; derartig aufgekochte Milch zeigt sich, auch wenn man sie nicht frisch, sondern erst einige Stunden nach dem Melken in die Hände bekommt, in hohem Grade empfänglich und ich habe deshalb bei meinen Impfversuchen mit Ausnahme der ersten, ausschliesslich aufgekochte Milch verwandt. — — Umgekehrt wird die Disposition zum Blauwerden vermindert oder zerstört durch alles was eine vorzeitige Gerinnung der Milch bedingt, sowie durch alle Manipulationen, welche das Casein modificiren, wie Zusatz von Mineralsäuren, Alkohol etc. Namentlich muss ich hier auch das lange Kochen erwähnen, welches ja gleichfalls eine Coagulation (und chemische Veränderung?) des Casein bedingt. Eine $\frac{1}{2}$ Stunde oder länger gekochte Milch bleibt in der Regel gegen jede Impfung immun. —

Der zweite Factor, welcher für die Ausbreitung und Schnelligkeit des Processes wichtig ist, ist die Beschaffenheit des Impfmaterials. — Dass mit der zunehmenden Menge des Impfmaterials die Ausbreitung und Intensität des Processes proportional zunimmt, ist so selbstverständlich, dass ich hier nicht näher darauf einzugehen brauche. Das Nachfolgende bezieht sich natürlich nur auf die Fälle, in denen gleiche, und zwar möglichst geringe Mengen angewandt werden. Zunächst (und auch das ist eigentlich selbstverständlich) führt die Impfung um so schneller und sicherer zum Resultat und der Process wird um so ausgedehnter, je gleichmässiger und feiner das Impfmaterial vertheilt ist. Es wirkt deshalb flüssige, oder mit Wasser angerührte blaue Milch schneller und ausgedehnter als ein Klümpchen der geronnenen Masse; ebenso getrocknete blaue Milch oder getrockneter Altheeschleim besser in Pulverform als in Stückchen. —

Was die einzelnen Formen des Impfmaterials anlangt, so sind die Differenzen nicht so bedeutend, wie man erwarten könnte. Frische

blaue Milch wirkt immer am schnellsten. Nur die blaue Nährlösung steht ihr in der Hinsicht gleich. Die übrigen Stoffe, Pasteur'sche resp. Cohn'sche Flüssigkeit, Altheeschleim etc., sowie getrocknete blaue Milch wirken etwas langsamer (Unterschiede meist von 12 Stunden, auch weniger), diese untereinander jedoch ziemlich gleich. — Was den Verlauf des Processes anbelangt, so scheint derselbe nach Impfung mit frischer Milch am schnellsten abzulaufen, resp. am leichtesten durch äussere Einflüsse und Oidiumvegetationen gestört zu werden, während die mit anderen Stoffen geimpfte Milch in den meisten Fällen ihre Farbe länger behält. Jedoch ist dieses Verhalten nicht constant, ich habe hin und wieder auch das Umgekehrte bemerkt.

Es wäre hier der Ort noch eine kurze Bemerkung einzuschalten über den Einfluss fortgesetzter Impfungen auf die Impfkraft. Bekanntlich ist zuerst von Coze und Feltz[1]) die Behauptung aufgestellt worden, dass bestimmte pathogene Fermente, und zwar die der „septischen" Krankheiten durch fortgesetzte Impfung immer infectiöser würden. Diese Behauptung wurde von einer grossen Anzahl von Beobachtern auf Grund analoger Experimente, wie sie Coze und Feltz angestellt hatten, bestätigt, so von Vulpian, Reynaud, Davaine[2]), Sanderson[3]) u. A., allerdings immer nur bezüglich der Sepsis und es gilt wohl jetzt noch bei der Majorität der Pathologen die Zunahme der Virulenz als feststehendes Gesetz. — Koch[4]), welcher bei seinen zahlreichen Uebertragungen der verschiedensten Pilzkrankheiten auf Thiere nie ein ähnliches Verhalten beobachten konnte, widerspricht dieser Anschauung, wie mir scheint mit gutem Grunde, und glaubt, dass sie durch unrichtig ausgeführte Experimente entstanden sei. Insoweit es sich hier um durch Bacterien angeregte Processe des Thierkörpers handelt, kann natürlich meinen Beobachtungen an der blauen Milch gar keine Bedeutung beigelegt werden, denn es wäre absurd die Bläuung der Milch und die Infectionskrankheit im Thierkörper bloss aus dem Grunde, weil bei beiden Bacterien wirksam sind, als analog und ihrem Wesen nach gleichartig hinstellen zu wollen. Man hat jedoch das „Davaine'sche Gesetz" zu verallgemeinern versucht, und daraus weitgehende Schlüsse über Anpassung und Vererbung bei den niedersten Organismen ziehen

---

1) Diese und die folgenden Arbeiten finden sich auszugsweise referirt in Virchow und Hirsch's Jahresbericht für 1866.

2) Davaine, Sitzung d. Pariser Acad. de méd. 17. Sept. 1872.

3) Sanderson, Medizin. Jahrbücher 1876. p. 417.

4) Koch, Untersuchungen über die Aetiologie d. Wundinfectionskrankheiten. Leipzig 1878.

wollen, und aus diesem Grunde halte ich die Bemerkung nicht für überflüssig, dass bei der blauen Milch sich eine Zunahme der Infectionskraft bei fortgesetzter Impfung nicht constatiren lässt. Ich habe ausser anderen kürzeren, eine fortlaufende Reihe von 12 Impfungen von Milch auf Milch angestellt, eine Zahl, bei welcher doch wohl eine solche Zunahme der Virulenz, wenn sie überhaupt existirte, hätte bemerkbar werden müssen.

Als dritter Factor endlich ist der Einfluss äusserer Verhältnisse auf den Process des Blauwerdens zu berücksichtigen. Wir haben es hier im Grunde nicht mit einem einzelnen Factor, sondern mit einer Summe verschiedener wirksamer Kräfte zu thun, nämlich dem Einfluss des Lichtes, des Sauerstoffs in der Luft, der Temperatur etc. —

Das Licht, welches ja auf die höheren Pflanzen von so entscheidendem Einfluss ist, und dessen auch viele der niedrigeren chlorophyllosen pflanzlichen Organismen nicht entrathen können, scheint auf die Bacterienvegetation in der blauen Milch gar keinen Einfluss auszuüben. Die Milch bläut sich ebenso gut und ebenso ausgedehnt im Dunkeln wie im Licht. Der Process der Bläuung in der Nährlösung mit Ammon. lacticum wird durch das Licht insofern gestört, als der Farbstoff sehr schnell abblasst; auf die Entwicklung der Organismen hat die Beleuchtung aber auch hier keinen bemerkbaren Einfluss, weder zu Gunsten, noch auch, wie man nach den Untersuchungen von Downes und Blunt[1]) betreffs anderer Bacterienformen vermuthen könnte, zu Ungunsten derselben.

Dagegen ist der Sauerstoff der Luft für die Entwickelung des Processes unentbehrlich. Bedeckt man Milch gleich nach der Impfung mit Oel, so tritt gar keine Bläuung ein und damit auch keine Weiterentwickelung der Bacterien. Schliesst man dagegen eine Milch, welche schon eben anfängt blau zu werden durch Oel von der Luft ab, so schreitet der Process noch etwas fort, die Bläuung dehnt sich noch etwas aus, um dann, zum Stillstand gekommen, schnell abzublassen. Dieses zweite Experiment scheint mir den Beweis zu liefern, dass die Bacterien der blauen Milch nicht direct freien, sondern in der Flüssigkeit absorbirten Sauerstoff benutzen.

Die Temperatur übt keinen so auffälligen Einfluss aus, wie bei

---

[1]) Downes und Blunt, Proceedings of the royal society vol. XXVI. No. 184. behaupten, dass das Licht die Entwickelung der Spaltpilze beeinträchtigt resp. völlig hindert.

den meisten anderen durch Spaltpilze angeregten Processen, und zwar aus dem Grunde, weil die der Bläuung hinderlichen und sie theilweise compensirenden Processe der Säuerung und Gerinnung ungefähr in gleichem Maasse wie diese selbst durch die Temperaturschwankungen gefördert oder gehemmt werden, so dass im Grunde immer ein nahezu gleiches Resultat erfolgt. Schon Haubner hat in dieser Hinsicht richtige Beobachtungen angegeben, und da ich denselben nichts hinzuzufügen habe, führe ich hier seine eigenen Worte an (p. 177): „Eine hohe Temperatur beschleunigte zwar das Blauwerden, so dass es schon mit 20—24 Stunden eintrat; aber es beschränkte seine Ausdehnung in Folge der frühzeitigen Gerinnung. — Bei einer Temperatur von ca. 10—15° C. erfolgte das Blauwerden erst innerhalb 2—4 Tagen, aber es trat in möglichster Ausdehnung hervor. — Bei allen niedrigeren Temperaturgraden, bei denen Säuerung und Gerinnung sich durch viele (6—8) Tage verzögert, verzögert sich auch das Blauwerden und tritt nur unvollständig hervor.“

Gegenüber diesem relativ unbedeutenden Einfluss der Temperatur erscheint die grosse Bedeutung der Witterung für den Process des Blauwerdens und ihre unverkennbare Einwirkung auf denselben höchst wunderbar. — Alle Beobachter der blauen Milch stimmen darin überein, dass die Intensität des Processes oft ganz plötzlich mit der Witterung wechsle, dass das Blauwerden bei einem Umschlag des Wetters plötzlich verschwinde oder wieder auftrete und Wiener sah sich durch diese Beobachtungen veranlasst, in der Witterung eine der Hauptursachen der blauen Milch anzunehmen. Haubner sagt über dieses Thema p. 175: „Eine feuchtwarme schwüle Witterung begünstigt das Blauwerden, ebenso warmer Regen. Dagegen wird es durch kühles Wetter gehemmt oder gänzlich unterdrückt. — Einen grellen Wechsel im Blauwerden beobachtet man im Sommer bei abwechselnder Trockenheit und Regen und im Herbst beim Eintritt kalter Tage. Damit stimmen die Angaben von Wiener, dass Süd- und Südwest-Winde und feuchte neblige Jahrgänge das Blauwerden begünstigen.“ H. fügt diesen Angaben die Bemerkung hinzu: „dass diese Beobachtungen nicht befriedigen können, selbst wenn sie alles erschöpfen. Man erkennt nämlich nicht die Art ihres Einflusses, indem überall verschiedene Momente (Beschaffenheit der Luft, Feuchtigkeit, electrisches Verhältniss etc.) mit einander verbunden sind.“ — Auch ich habe mich vergeblich bemüht, einen befriedigenden Aufschluss über diese Verhältnisse und namentlich eine genügende Erklärung derselben zu erlangen; die Angaben, welche ich in die-

ser Beziehung machen kann, können nur den Werth einer auf Wahrscheinlichkeit gegründeten Vermuthung haben [1]).

Dass die wechselnde Temperatur der Luft, welche ja, wie oben bemerkt, überhaupt keinen sehr grossen Einfluss ausübt, bei der Frage nach der Einwirkung der Witterung fast bedeutungslos ist, scheint mir schon daraus hervorzugehen, dass sich alle Beobachtungen auf Räumlichkeiten beziehen, in welchen eine nahezu gleichmässige nur in längeren Zeiträumen wechselnde Temperatur herrscht, nämlich auf die Kellerräume, in welchen man die Milch zur Rahm- und Buttergewinnung aufzubewahren pflegt. In meinem Fall waren die Verhältnisse insofern ähnliche, als ich alle meine Experimente in dem gleichmässig durch Regulіröfen auf ca. 16—18° Cels. erwärmten Experimentirsaal des pathol. Institutes, dessen Temperatur auch Nachts nur unbedeutend sinkt, angestellt habe.

Auch die Schwankungen des Barometerdruckes glaube ich für irrelevant erklären zu können, da sie auch in den extremsten Fällen nie die Höhe erreichen, bei welcher ein Einfluss auf die niederen Organismen constatirt worden ist [2]).

Dagegen scheint mir der Feuchtigkeitsgehalt der Luft von Bedeutung für den Ablauf und die Intensität des Processes zu sein; wobei ich jedoch gleich bemerken muss, dass mir jede Erklärung dafür, wie die Feuchtigkeit der Luft auf die in der Milch suspendirten Bacterien einwirken kann, mangelt. (Verdunstungs-Electricität?) Setzt man von 2 Proben mit dem gleichen Material geimpfter

---

[1]) Zum grossen Theil dürfte dieser Misserfolg darin begründet sein, dass mir nicht das zu diesen Untersuchungen geeignete Beobachtungs-Material zu Gebote stand. Ein solches würde nur zu erlangen gewesen sein durch eine Monate lang fortgeführte Reihe täglicher Impfungen auf abgewogene Quantitäten von Milch mit abgewogenen Mengen gleichartigen Impfmaterials und unter möglichst gleichen äusseren Verhältnissen, und zur Durchführung einer solchen gebrach es mir an Zeit. Ich glaube jedoch, dass eine derartige Untersuchung bei dem theoretischen Interesse, welches sich an die Frage vom Einfluss der Witterung knüpft, sich wohl der Mühe lohnen würde. Die nachfolgenden Bemerkungen beziehen sich auf Beobachtungen von blauer Milch, welche zunächst zu anderen Zwecken geimpft war.

[2]) Dass sehr bedeutende Veränderungen des Athmosphärendrucks nicht ohne Einfluss sind, ist zweifellos. Haubner sah bei starker Luftverdünnung das Blauwerden behindert, ohne dass jedoch die Fähigkeit blau zu werden vollständig zerstört worden wäre. — Bezüglich der Luftverdichtung sind mit der blauen Milch direct keine Versuche angestellt worden, jedoch ist der deletäre Einfluss starker Luftverdichtung auf alle niederen Organismen durch Bert (la pression barométrique. Paris 1878) und durch Cossar Ewarts (Quart. Journ. of micr. sc. Bd. 18 p. 161) erwiesen worden.

Milch die eine unter eine mit Wasser abgesperrte Glasglocke, die andere unter eine mit Oel abgesperrte, in welcher durch conc. Schwefelsäure die Luft völlig trocken gehalten wird, so bemerkt man bei der zweiten Probe einen etwas verzögerten Eintritt und eine geringere Ausbreitung, sowie ein schnelleres Abblassen der blauen Farbe; um mich weiter über diese Verhältnisse zu orientiren, habe ich die während der Monate October, November und December v. J. von mir beobachteten Impfresultate mit den meteorologischen Beobachtungen über die Luftfeuchtigkeit[1]) während der betreffenden Zeit verglichen. Es scheint hier allerdings ein Zusammenhang zu existiren in der Weise, dass der Erfolg der Impfung ein besserer ist bei grösserer Luftfeuchtigkeit, jedoch ist das Bild aus den oben in der Anmerkung angegebenen Gründen kein klares, und ich muss bis zur Beschaffung eines besseren Beobachtungsmaterials darauf verzichten, weiter auf dies Thema einzugehen.

III. Process der Bläuung.

Allgemeiner Vorgang. Natur des Farbstoffes. Chemische Processe bei der Bildung desselben.

Die Blaufärbung der Milch ist ein Symptom einer eigenthümlichen Zersetzung. Dieselbe ist in ihrem Eintritt und Verlauf abhängig von der Milchsäure-Bildung einerseits und dem Zustand des Casein andererseits. — Sie tritt erst ein, nachdem ein gewisser Säuerungsgrad erreicht ist, verhindert aber das Fortschreiten der Säuerung, d. h. die Milch bleibt, so lange sie blau ist, schwach sauer[2]). Sie setzt ferner das Vorhandensein von unverändertem Casein voraus, eines Casein, welches zwar in Folge der Säuerung aus seiner Lösung ausgefällt, aber noch nicht in den Zustand des „coagulirten Eiweiss" übergegangen ist; das aus der Lösung gefällte Casein wird während der Bläuung wieder verflüssigt. — Das Fett der Milch wird nicht mit verändert, ist überhaupt zum Gelingen des Processes nicht erforderlich[3]). Die Bläuung setzt die Gegenwart sauerstoffhaltiger Luft voraus, (in der Milch absorbirt), und verläuft unter Bildung von Kohlensäure, welche, wenn der Process stürmisch verläuft, in so grosser Menge abgeschieden wird, dass

---

[1]) Für die Ueberlassung der betr. meteorologischen Daten bin ich Herrn Dr. Wiese, Director der Navigationsschule in Rostock, zu grossem Dank verpflichtet.

[2]) Cf. Haubner, l. c. p. 53. [3]) Desgl. l. c. p. 70.

sie das Sahnehäutchen in Blasen abhebt [1]). — Hand in Hand mit dieser Zersetzung und proportional mit derselben geht die Entwicklung der weiter unten zu beschreibenden Bacterien. —

Bei der Frage nach dem Wesen, d. h. dem chemischen Ablauf dieses Processes wird man naturgemäss zunächst das Endresultat, den gebildeten Farbstoff, ins Auge fassen. Die älteren Ansichten über denselben will ich nur beiläufig erwähnen, da sie alle auf Vermuthung, nicht auf Untersuchung beruhen. Hermbstaedt und seine Anhänger glaubten, dass es sich um Indigo, welcher aus dem Futter stamme, handle; Nadt und später Drouard und Leclerc hielten den Farbstoff für phosphorsaures Eisenoxydul-oxyd; Steinhof, welcher in dem ganzen Process eine Art von Fäulniss, ein „Verderben" der Milch sah, glaubte, dass sich hier Berlinerblau bilde, durch einen ähnlichen Process, wie er zur Darstellung des Blutlaugensalzes aus dem Blut künstlich hervorgerufen werde. Fuchs lässt die Frage unentschieden, und auch Haubner, obwohl er ziemlich genaue Untersuchungen angestellt hat, ist zweifelhaft, ob hier ein organischer Farbstoff im Spiele sei, oder doch nur phosphorsaurer Eisenoxyd-oxydul.

Die erste Arbeit mit einem bestimmten Resultat stammt von Erdmann [2]). Derselbe untersuchte ausser dem Farbstoff des *Micrococcus prodigiosus* auch die blaue Milch und kam zu dem Schluss, dass beide Anilinfarben seien, welche sich aus dem Eiweiss der zur Cultur benutzten Nährstoffe bildeten. Die Erdmann'sche Angabe, obwohl sie sich auf eine eigentlich mangelhafte Beweisführung stützt, fand grossen Beifall und es wurde von verschiedenen Seiten der Versuch gemacht, dieselbe zu bestätigen, und zwar zunächst betreffs des rothen Farbstoffs. — Diese Bestätigung gelang aber nur unvollkommen. Schon Schröter [3]), der im Jahre 1871 eine grössere Reihe von durch Bacterien erzeugten Farbstoffe prüfte, kam zu dem Resultat, dass dieselben zwar alle eine grosse Aehnlichkeit mit den entsprechenden Anilinfarben darbieten, dass aber kein einziger von ihnen mit einer der künstlich erzeugten Anilinfarben identisch ist. Speciell wies er dies für die rothe Farbe des *Micrococcus prodi-*

---

1) Ob noch andere Gase sich bilden, vermag ich nicht zu sagen. Die Kohlensäurebildung ist leicht durch Ueberleiten von kohlensäurefreier Luft über blauwerdende Milch und nachheriges Waschen der Luft in Barytwasser nachzuweisen. — Schwefelwasserstoff bildet sich nicht. (Probe mit Bleipapier.)

2) Dr. O. Erdmann, Bildung von Anilinfarben aus Proteinkörpern. Journal f. prakt. Chemie. Bd. 99. H. 7 und 8. p. 385. — 1866.

3) J. Schröter, Ueber d. Bact. geb. Pigmente. Cohn's Beitr. z. Biol. d. Pfl. I. 2. p. 109.

giosus nach, welchen Erdmann für identisch mit Fuchsin erklärt hatte. In ausführlicher Weise wurde dieselbe Frage später von Helm[1]) untersucht mit dem gleichen Resultat, dass das von dem *Micrococcus* gelieferte Roth mit keiner rothen Anilinfarbe übereinstimme.

Bezüglich des blauen Farbstoffes in der Milch kann ich dasselbe behaupten. Erdmann bezeichnet denselben als Triphenyl-rosanilin, und es ist nicht zu leugnen, dass einzelne der Reactionen bei beiden Körpern fast gleich sind; jedoch bietet das Blau der Milch daneben Eigenthümlichkeiten, die keinem der uns bekannten blauen Anilinfarbstoffe zukommen. —

Der Farbstoff der blauen Milch ist nicht an die Bacterien gebunden, (wahrscheinlich sind dieselben überhaupt nicht gefärbt), sondern in dem Serum der Milch gelöst. Er ist leicht löslich in säurehaltigem Wasser, fast gar nicht löslich in Alkohol, unlöslich in Aether, Chloroform etc. Dagegen löst er sich ziemlich leicht in Glycerin. Derselbe ist in hohem Grade unbeständig und es ist mir deshalb ebensowenig wie den früheren Untersuchern gelungen, ihn zu isoliren. In der wässrigen Lösung zersetzt er sich schon während des Filtrirens und auch in Glycerin verblasst er dem Licht ausgesetzt in wenigen Stunden, im Dunkeln in 1—2 Tagen. Zusatz von Essigsäure, Salzsäure, Phosphorsäure, verdünnter Schwefel- oder Salpetersäure verändern die blaue Farbe nicht. Ammoniak giebt ihr einen etwas violetten Ton, während kohlensaures und kaustisches Kali und Natron dieselbe sofort in ein schönes Rosenroth verwandeln, aber den Farbstoff nicht ausfällen. (Aus dem gewöhnlichen Anilinblau wird der Farbstoff durch Kalilauge in rothen Flocken ausgefällt.) Setzt man der so gerötheten Lösung Säure zu, so wird die blaue Farbe wieder hergestellt. Lässt man dagegen die mit Kal. caust. versetzte Lösung längere Zeit (12—24 Stunden) stehen, so verwandelt sich das Rosaroth in ein Ziegelroth mit undeutlicher Fluorescenz. Dieser ziegelrothe Farbstoff wird durch Säuren nicht blau, vielmehr zunächst gelbroth und nach einiger Zeit entfärbt. In der alkalischen Lösung hält er sich längere Zeit unverändert, wird aber durch Kochen zerstört. Die Farbe geht hierbei in Gelb oder Gelb-braun über. Beim langsamen Verdunsten scheidet er sich zwischen den Kalikrystallen als gelbrothes amorphes Pulver ab, welches in Alkohol und Aether unlöslich ist, in alkalischem Wasser sich schwer löst. Da diese chemischen Eigenschaften zwar die Unterschiede von den gewöhnlichen Anilinfarben demonstriren, aber zur genaueren Kennt-

[1]) Otto Helm, Reichardt's Archiv d. Pharmacie 1875. p. 19—24.

niss des Farbstoffs wenig beitragen, habe ich die Untersuchung des spectroskopischen Verhaltens zum Zweck einer genaueren Charakterisirung des hier vorliegenden Körpers angewandt.

16 17 18 D 19 20 E 21 22 F 23 24 25 26

Blauer Farbstoff aus der Milch.

Triphenylrosanilin verdünnt.

Triphenylrosanilin concentrirt.

Rosarother Farbstoff aus d. Milch mit Kali caustic.

Rosanilin.

Purpurin.

Ziegelrother Farbstoff aus d. Milch, nach laengerem Behandeln mit Kali caust.

Eosin verdünnt. D E F

Spectra der aus der blauen Milch dargestellten Farbstoffe und verschiedener Anilinfarben.

Bekanntlich ist das Spectroskop in neuerer Zeit häufig und mit gutem Erfolg zur Bestimmung und Identificirung von organischen Farbstoffen, deren chemische Natur noch nicht genügend aufgeklärt ist, benutzt worden. So zur Bestimmung der Farbstoffe niederer Seethiere, welche bei der Challenger-Expedition gefunden waren von Moseley [1]), ferner für Bacterienfarbstoffe von Schröter [2]), Lankester [3]), E. Klein [4])

[1]) Moseley, On the colouring matters of various animals. Quart. Journ. of micr. sc. Bd. XVII. p. 1. 1877. [2]) l. c.

[3]) Lankester, On a peach-coloured Bacterium. Quart. Journ. of micr. sc. Bd. XIII. p. 408. 1873. [4]) E. Klein, Note on a pink-coloured Spirillum. Quart. Journ. of micr. sc. Bd. XV. 1875.

u. A., und ich durfte also hoffen auch für den Farbstoff der blauen Milch ein charakteristisches Spectrum zu erhalten. Diese Hoffnung hat sich auch erfüllt, wenigstens für den durch längere Behandlung mit Kali caust. gewonnenen Körper. Vergl. den Holzschnitt auf S. 212.

Den ursprünglichen blauen Farbstoff sowie den bei der Behandlung mit caustischen Alkalien zuerst entstehenden rosarothen konnte ich wegen ihrer Zersetzlichkeit nur in sehr verdünnten Lösungen untersuchen, welche nur schwache Absorptionsstreifen im Spectrum geben. Jedoch habe ich trotzdem mich überzeugen können, dass der blaue Farbstoff sich spectroskopisch sehr ähnlich verhält, wie eine gleich stark verdünnte Lösung von Triphenyl-Rosanilin. Beide geben einen Streifen im Gelb, die Anilinfarbe sehr verwischt, der Farbstoff der blauen Milch ziemlich scharf. — Das concentrirte Anilinblau, dessen Spectrum zum Vergleich daneben gezeichnet ist, giebt eine ausgedehnte Verdunkelung sämmtlicher Farben zwischen C. und F. — Dagegen zeigt der durch Kalilauge gewonnene rosarothe Farbstoff durch sein spectroskopisches Verhalten klar, dass er mit dem Rosanilin nicht identisch ist. Das letztere giebt ein scharfes Absorptionsband im Grün, der erstere eine Verdunkelung, welche dicht hinter D. ziemlich scharf beginnt, und sich ohne deutliche Grenze bis in die Nähe von F. erstreckt. Der ziegelrothe durch längeres Behandeln mit Alkali erhaltene Farbstoff zeigt in seinem chemischen Verhalten eine gewisse Aehnlichkeit mit Purpurin, dem er auch in der Farbe gleicht. Dagegen weichen die Spectra bedeutend von einander ab. — Bemerkenswerth erscheint mir die grosse Aehnlichkeit des Spectrums von diesem Körper mit dem einer verdünnten Eosinlösung, welches auf eine nahe Verwandtschaft dieser beiden Stoffe hinzudeuten scheint. Wirklich identisch sind sie nicht, denn das Eosin ist in Alkohol sehr leicht löslich, unser Farbstoff gar nicht; im Uebrigen zeigen sie allerdings fast die gleichen Reactionen. — Das Resultat der obigen Untersuchungen würde also sein, dass wir es mit einem Farbstoff zu thun haben, welcher zwar mit keiner der im Handel vorkommenden blauen Anilinfarben identisch ist, jedoch denselben chemisch nahe verwandt zu sein scheint.

Wie haben wir uns nun aber die Entstehung dieses Farbstoffes zu denken? — welche Stadien durchläuft die chemische Umsetzung bis zu diesem Endresultat? — welche Bestandtheile der Milch liefern das Material dazu? — Leider ist eine bestimmte, auf stricte Beweise gegründete Beantwortung dieser Fragen zur Zeit nicht möglich. — Haubner zieht aus seinen Beobachtungen den Schluss, dass das Caseïn den blauen Farbstoff liefere, ohne sich jedoch auf

eine Erörterung der chemischen Vorgänge hierbei einzulassen. — Erdmann schliesst sich der Haubner'schen Ansicht an. — Darüber, auf welche Weise und durch welche Veränderungen des Caseïns aus demselben Triphenyl-Rosanilin gebildet werde, spricht er sich in sehr allgemein gehaltenen Sätzen aus wie folgt:

„Vergleicht man die procentische Zusammensetzung der Proteinstoffe mit der der Anilinfarbstoffe:

	Proteinstoffe.	Anilinfarbstoffe.	
		Rosanilin.	Triphenyl-Rosanilin.
C.	52,7—54,5 pCt.	75,3	83,4
H.	6,9— 7,3 „	6,6	6,0
N.	15,4—16,5 „	13,1	7,7
O.	20,8—23,5 „	5,0	2,9
S.	0,8— 0,16 „	—	—

„so braucht man sich nur der schon bekannten Producte der Fäulniss, der Kohlen-, Essig-, Milch-Säure, des Ammoniaks, Trimethylamins zu erinnern, um durch Austritt derselben aus dem Atomencomplex der Proteinstoffe die Bildung des Farbstoffes erklärlich zu finden, ja durch eine Formel repräsentiren zu können.“ —

Ich halte diese Ansicht über die Entstehung des Farbstoffes für unrichtig. Abgesehen davon, dass das Schicksal des Schwefels aus den Eiweisskörpern dabei gar nicht berücksichtigt worden, ist nicht einzusehen, warum das thierische Eiweiss und das reine Caseïn nicht denselben Zersetzungsprocess sollten erleiden können, wie das in der Milch befindliche. Hauptsächlich aber stützen sich meine Zweifel auf meine oben erwähnten Experimente mit eiweissfreier Nährlösung. Dieselben scheinen mich zu dem Schluss zu berechtigen, dass hier analoge Vorgänge eintreten, wie die von Zöller[1]) bezüglich des Stoffwechsels von Schimmelpilzen in essigsauren Salzen beschriebenen; und da der aus der blauen Nährlösung sich bildende Farbstoff in seinem chemischen und spectroskopischen Verhalten sich als völlig identisch mit dem der blauen Milch erweist, so glaube ich auch in der Milch selbst den gleichen Process annehmen zu dürfen. — Zöller fasst die Ergebnisse seiner Versuche in folgende Sätze zusammen: 1. Die chlorophyllose Zelle (Pilzspore) hat die Fähigkeit, aus organischen Säuren (Essigsäure) im Verein mit den Aschenbestandtheilen und mit Ammoniak die höheren

[1]) Zöller, Ueber Ernährung und Stoffbildung der Pilze. Sitzg. d. Kaiserl. Acad. d. Wissensch. in Wien. 9. Juli 1874; vergl. auch Cohn, diese Beiträge Bd. I. H. 2 p. 209.

Pflanzenstoffe: Eiweissstoffe, Fett, Kohlenhydrate zu bilden. 2. Bei dieser Bildung verschwindet die Säure vollständig; ihr Kohlenstoff findet sich zum Theil in organischer Form in der Pflanze, zum Theil als Kohlensäure in der rückständigen Nährflüssigkeit — — —[1]) Ganz ähnlich verläuft der Process auch in der blau werdenden Nährlösung, welche aus milchsaurem Ammoniak und Cohn'scher Flüssigkeit besteht. Auch hier wird die organische Säure mehr und mehr aufgezehrt und an ihre Stelle tritt unter Bildung von kohlensaurem Alkali (welches durch Baryt nachweisbar ist), theils belebte organische Materie in den wuchernden Bacterien, theils der blaue Farbstoff. Deshalb glaube ich, dass auch in der Milch das eigentliche Material zur Bildung des Farbstoffes die Milchsäure (also indirect der Milchzucker) ist, und dass der zugleich durch die Bacterienwucherung zersetzte Käsestoff nur insofern bei der Farbenbildung betheiligt ist, als er bei seiner Zersetzung das nöthige Ammoniak liefert. Die auch hier als Abfallsproduct gebildete Kohlensäure wird in der Milch nicht, oder nur zum Theil an Alkali gebunden, sondern entweicht, wie schon oben bemerkt, in die Luft. — Dass der von mir angenommene Vorgang keineswegs complicirter, sondern eher einfacher ist, als die Bildung des Farbstoffes aus Eiweiss nach Erdmann's Ansicht, wird bei einer Vergleichung der chemischen Constitution des milchsauren Ammoniaks und des Anilins, sowie seiner Derivate ohne weiteres klar. Die Aufstellung einer theoretischen Formel für die hier eintretenden Umsetzungen muss natürlich unterbleiben, so lange uns die chemische Zusammensetzung des resultirenden Stoffes unbekannt ist. —

Es sei mir gestattet hier noch eine kurze Bemerkung anzureihen über die supponirte Giftigkeit der blauen Milch. Ich würde dieses Thema trotz seines grossen praktischen Interesses als ausserhalb des Rahmens dieser Abhandlung liegend nicht berührt haben, wenn nicht die letzte grössere Veröffentlichung über blaue Milch und zugleich die einzige aus medicinischer Feder, die von Mosler, sich

---

[1]) Der hauptsächlichste und wichtigste Unterschied der hier vertretenen Anschauung von der Erdmann'schen liegt darin, dass E. einen analytischen Process annimmt, während nach meiner Meinung ein synthetischer Vorgang vorliegt. — Nachdem Pasteur zuerst die Fähigkeit niederer Pflanzen, Eiweisskörper aus niedrigeren Verbindungen synthetisch darzustellen, nachgewiesen hatte, (vergl. ausser seinen anderen Arbeiten „die Alkohol-Gährung, deutsch von Victor Griessmayer, Augsburg 1871") sind analoge Beobachtungen in grosser Zahl von verschiedenen Forschern gemacht worden. Ich habe hier nur die Zöller'sche Arbeit erwähnt, weil sie im Detail den Verhältnissen bei der blauen Milch am meisten entspricht.

hauptsächlich mit der Erörterung dieser Frage befasste und dabei zu Schlussfolgerungen käme, denen ich wiedersprechen muss.

Die Ansicht, dass die blaue Milch giftig wirke, wurde wohl zuerst von Steinhof aufgestellt, welcher sagt: „weniger verdorben erregt sie bei Menschen und Schweinen Unruhe oder Beängstigung, Schwindel, Zuckungen und heftiges Erbrechen; und, wenn mehr verdorben den Schweinen gegeben, sogar den Tod unmittelbar oder nach längerem Siechthum.“ — Die Steinhof'schen Angaben scheinen bei den praktischen Landwirthen und bei der Majorität der Thierärzte nicht viel Glauben gefunden zu haben. — Ich habe in der mir zugänglichen späteren Litteratur keine einzige Bemerkung gefunden, welche die Giftigkeit der blauen Milch bestätigte, wohl aber wird in verschiedenen Lehrbüchern der Thierarzeneikunde direct ausgesprochen, dass giftige Wirkungen von blauer Milch, so lange sie nicht weiter zersetzt sei, nicht zu befürchten seien [1]). — Haubner (l. c. p. 141) wirft Steinhof sogar vor, dass er die Giftigkeitstheorie sich nur als Beweis für seine Ansicht, dass der Farbstoff Berlinerblau sei, construirt habe; er sagt: „Man sieht, es ist eine blosse Vermuthung, die Steinhof hier äussert und diese ist wenig begründet. Eine Schädlichkeit der blauen Milch hat bis jetzt noch niemand beobachtet, und wenn es der Fall wäre, dann ist wieder das Berlinerblau nicht giftig.“

Mosler, welcher eine von ihm beobachtete fieberhafte Gastritis mehrerer Glieder einer Familie auf den Genuss von blauer (dicker) Milch zurückzuführen sucht, scheint von diesem allgemeinen Widerspruch gegen Steinhof's Lehren nichts gewusst zu haben, er erwähnt denselben nirgends, sondern führt nur St. an, der vor ihm ähnliche Erscheinungen „beobachtet“ habe. — Darüber, was eigentlich das giftig wirksame Agens in der blauen Milch sei, scheint Mosler mit sich selbst nicht einig geworden zu sein. Auf S. 170 sagt er: „Gewiss ist die giftige Wirkung der blauen Milch um so mehr anzunehmen, seitdem Erdmann den Farbstoff derselben für Anilin erkannt hat“ und fährt, unter Berufung auf Schuchardt und Sonnenkalb, fort: „— — — dass das Anilin zu den starken Giften zu rechnen ist und zwar zu der Klasse derjenigen Gifte gehört, welche ihre Wirkung in den Centralorganen des Nervensystems, nämlich im Rückenmark äussern.“ — Ferner auf S. 171: „Wenn auch die Menge von Anilin, welche in unseren oben mitge-

---

[1]) Vergl. Wagenfeld, Allgem. Vieharzneibuch. Königsberg 1836 und A. Schmidt, Aufzucht, Wartung etc. d. Pferde, des Rindviehs etc. Berlin 1853.

theilten Fällen mit der blauen Milch importirt war, wohl nur eine geringe gewesen ist, so ist nach diesen Angaben doch anzunehmen, dass das Anilin bei der Erzeugung der Gastritis eine Rolle gespielt hat." — Auf derselben Seite im nächsten Absatz fährt er fort: „Wir dürfen um so mehr annehmen, dass die oben erwähnte Krankheit durch die blaue Milch herbeigeführt wurde, da schon mehrfach beobachtet worden ist, dass durch Importation von Pilzen in den tractus intestinalis krankhafte Symptome erzeugt worden sind." (Folgen Citate über Krankheiten nach dem Genuss von *Oidium lactis,* Hefe, Schimmel.) — Endlich p. 174 ff. führt er aus, dass er durch Fütterung mit blauer Milch bei Kaninchen Diarrhöe und Enteritis erzeugt habe, und dass er später dieselben Erscheinungen mit „den Pilzen der sauren Milch" und mit Hefe erhalten habe. — Was ist denn nun eigentlich die Ursache der Vergiftung? Das Anilin, oder die „Pilze," oder beide, oder keines von beiden? —

Mir will es scheinen, als ob Steinhof und Mosler insofern einen Beobachtungsfehler begangen haben, als sie nicht zwischen pilzfreier und oidiumhaltiger blauer Milch unterschieden haben. — Dass die letztere gerade so gut wie die nicht blaue mit Oidium durchsetzte Milch schädlich wirken kann, wird niemand bestreiten; der schädliche Einfluss des Oidium auf den thierischen Organismus ist genugsam bekannt. — Anders verhält es sich mit der frischen blauen Milch, welche zwar Bacterien und den blauen Farbstoff, aber noch keine Schimmelpilze enthält. — Hier hat man zunächst schon gar keinen theoretischen Grund eine schädliche Wirkung zu erwarten. Dass Bacterien als solche vom Darmkanal aus nicht schädlich wirken müssen, dass dieselben vielmehr mit wenigen Ausnahmen *(Bacillus anthracis)* keine Symptome machen, zeigen uns ausser mannigfachen directen Experimenten mit fauligen Substanzen etc. eine nicht geringe Zahl unserer Nahrungsmittel, wie manche Käsesorten, Sauerkraut, gewöhnliche dicke Milch, Gänsesauer etc., welche ohne Nachtheil genossen werden können, obwohl sie zahlreiche Bacterien enthalten.

Aber der Farbstoff! Das Anilin! — Selbstverständlich muss es zugegeben werden, dass das Anilin und die Anilinsalze starke Gifte darstellen. Das gilt aber nicht in demselben Maasse von den substituirten Anilinen und ihren Salzen, die wir als Anilinfarben kennen. Von diesen wissen wir, dass sie, sobald sie nicht mit Arsenik verunreinigt sind, ohne Gefahr selbst in grösseren Dosen dem Körper einverleibt werden können, sowohl vom Magen aus, wie bei directer Einspritzung ins Blut[1]). Bei der Verdünnung, in welcher der Farb-

[1]) Vergl. Chrzonszczewsky, Virch. Arch. XXXV. p. 157 u. A.

stoff in der blauen Milch sich findet, könnten wir wohl überhaupt eine Einwirkung auf den Organismus nicht erwarten. Ich kann übrigens als Beweis meiner Behauptung auch Experimente an Kaninchen anführen. Freilich sind es nur zwei, aber da Mosler auch nicht mehr angestellt hat, könnten sie vielleicht seinen beiden die Waage halten. Ich habe zweimal mehrere Tage lang Kaninchen ausschliesslich mit blauer Milch und trockenem Brod gefüttert und beobachtet, dass sie das Futter gern frassen und gut dabei gediehen. Eins dieser Thiere, welches einige Tage nach der Fütterung secirt wurde, zeigte nicht die geringste Veränderung im Darmkanal.

Nehme ich zu diesen theoretischen und experimentellen Gründen noch das gemeinsame Urtheil der thierärztlichen Schriftsteller, so glaube ich zu der Behauptung berechtigt zu sein, dass die blaue Milch, so lange sie keine Oidiumwucherung enthält, nicht giftig ist, sondern von Thieren und wahrscheinlich auch vom Menschen ohne Schaden genossen werden kann.

IV. Mikroskopische Untersuchung.

1. Methode der Untersuchung.

Ehe ich an die Beschreibung der bei der mikroskopischen Untersuchung gewonnenen Resultate gehe, muss ich einige Worte über die bei derselben angewandte Methode einschalten. Die Untersuchung von Bacterien gehört anerkannter Maassen zu den schwierigsten Aufgaben, die dem Mikroskopiker gestellt werden können. Die Schwierigkeit liegt nicht bloss in der Kleinheit der Untersuchungsobjecte. Allerdings handelt es sich hier um Gebilde, zu deren Darstellung nur unsere stärksten Systeme eben ausreichen und es wird demnach bei der Untersuchung derselben die Aufmerksamkeit und das Accommodationsvermögen des Beobachters auf eine harte Probe gestellt; jedoch es giebt auch auf anderen Gebieten Fragen, bei denen es sich um die Analyse ähnlich kleiner Formen handelt, wie z. B. die Krystall-, Glas- und Lufteinschlüsse der Gesteine, und diese sind trotz der Kleinheit der Objecte gelöst worden. Auch das nur wenig von den Nährflüssigkeiten unterschiedene Lichtbrechungsvermögen der Bacterien, die geringen und nur bei besonders günstiger Beleuchtung erkennbaren Dichtigkeits-Unterschiede im Protoplasma der einzelnen Individuen sind nicht mehr für die mikroskopische Erkenntniss in so hohem Grade hinderlich, seitdem wir gelernt haben diese Gebilde durch Färbung stärker hervorzuheben. Die Schwierigkeit liegt überhaupt weniger in dem Sehen als in der Deutung des Gesehenen, und zwar aus dem Grunde, weil hier die sonst in der Mor-

phologie gebräuchlichen Methoden gar nicht, oder doch nur theilweise anwendbar sind. — Die Bestimmung und Identificirung einer Bacterienart nach blossen Merkmalen der äusseren Form, wie sie das einzelne Individuum darbietet, erscheint (mit Ausnahme vielleicht der Spirillen und Spirochaeten) absolut unmöglich, ebenso wie eine Bestimmung nach der Lagerung der Individuen einzeln oder in Colonien, denn wir finden in dieser Beziehung einerseits eine Monotonie, andererseits eine Unbeständigkeit, welche jeden Versuch einer Orientirung vergeblich erscheinen lässt. Finden wir doch schon bei viel höher stehenden Pflanzen einzelne Entwicklungszustände, welche die Formen anderer Gattungen so vollkommen nachahmen, dass man nur durch Beobachtung ihrer weiteren Entwicklung entscheiden kann, welcher Sorte sie angehören. Ich erinnere hier nur an die Hefeformen des *Mucor racemosus* und deren Aehnlichkeit mit *Saccharomyces*[1]). — Wir sind auch zur Bestimmung der Bacterien vor allen Dingen auf das Studium ihrer Entwicklungsgeschichte angewiesen. Hier sind jedoch die Schwierigkeiten erst recht bedeutend. Die sicherste und die einzige über jeden Widerspruch erhabene Methode der Untersuchung wäre natürlich die Beobachtung eines ganzen Entwicklungscyclus an einem und demselben Individuum, von der Spore ausgehend bis wieder zur Bildung neuer Sporen, in der Weise wie sie von Du Bary und Brefeld zur Bestimmung der Schimmelpilze ausgeführt wurde. Eine solche Beobachtung dürfte jedoch bei Bacterien in den meisten Fällen unmöglich sein[2]). Einmal wird bei der Kleinheit der Gebilde die Isolirung des einzelnen Individuums und die Uebertragung desselben in eine geeignete Nährlösung unter Vermeidung fremder Keime sehr schwierig sein, zweitens ist mir nicht ersichtlich, wie man es anfangen sollte bei den bewegten Formen ein einzelnes Individuum Tage lang zu beobachten, ohne es bei dem beschränkten Gesichtsfeld, welches unsere starken Immersionssysteme bieten, aus den Augen zu verlieren. Endlich aber wäre selbst nach glücklicher Ueberwindung aller dieser Schwierigkeiten noch nicht viel gewonnen; man würde zwar ein Bild des Entwicklungscyclus haben, wie es in einem bestimmten, sich gleich bleibenden Medium abläuft, aber dadurch keine Kenntniss erlangen

---

1) Vergl. die hierauf bezüglichen Arbeiten von Brefeld, Rees u. A.

2) Brefeld, Untersuchungen über Spaltpilze. I. Bacillus. (Sitzungsber. der Gesellsch. naturforschender Freunde in Berlin v. 19. II. 1878) giebt an, dass er für Bacillus eine solche Methode gefunden habe. Die Arbeit, auf welche er betreffs der Details verweist, ist jedoch meines Wissens noch nicht erschienen.

von den Modificationen dieses Cyclus, respective den anderen Formen des Wachsthums und der Fortpflanzung, wie sie in Medien von anderer und wechselnder Zusammensetzung vorkommen. Dass derartige Modificationen bei jeder Bacterienart eintreten können, dürfte kaum zweifelhaft sein.

In der grossen Mehrzahl der Fälle ist die einzige bis jetzt ausführbare Methode die Untersuchung von Massen-Culturen. Durch diese an und für sich, ohne die Anwendung besonderer Cautelen und Controlmassregeln, wird jedoch ein sicheres Resultat nie erreicht werden können. — Denn so wenig man auch bei sorgfältigster Bewirthschaftung es verhindern kann, dass auf dem Weizenacker neben dem Weizen auch Unkraut gedeiht, so wenig wird man im Stande sein es sicher zu verhindern, dass neben den zur Untersuchung ausgesäeten Bacterien auch andere Formen, sei es gleich mit der Aussaat, sei es bei den zur Untersuchung nöthigen Manipulationen, wie Oeffnen der Gefässe etc. mit eindringen und das Bild verwirren. — Von den verschiedensten Forschern und in der mannigfaltigsten Weise sind Versuche angestellt worden, um diese Fehlerquellen zu verringern. Es ist hier nicht der Ort diese Versuche zu besprechen, ich will nur die ihnen zu Grunde liegenden Principien kurz erwähnen. Man war zunächst bestrebt das von der Aussaat unabhängige Eindringen von Keimen aus der Luft zu verhindern. Als Mittel hierzu dienten der vollständige Verschluss der zur Zucht benutzten Gefässe (durch Zuschmelzen etc.), ferner der Verschluss durch einfache (Watte, Thonplatten, gebogene Glasrohre) oder complicirtere [1]) Luftfilter; endlich die natürlich nur in gewissen Fällen anwendbaren Züchtungen im lebenden Thierkörper [2]). Alle diese Versuche wenden sich gegen den minder gefährlichen Feind der „Reincultur;“ denn es ist durch zahlreiche Experimente erwiesen, dass ein einmal von einer bestimmten Bacterienart überwucherter Nährboden für die Ansiedelung neuer, fremder Formen nur geringe Chancen bietet. Die bei weitem gefährlichere Fehlerquelle liegt in der Vermengung der zur Aussaat benutzten Keime mit fremden, welche also gleich mit diesen in die Nährlösung gebracht werden; und diese Fehlerquelle ist zu-

---

1) Vergl. Klebs, Beiträge z. Kenntniss der pathogenen Schistomyceten. Arch. für experim. Pathologie. IV. p. 123. 1875 und Lister, Bacteria and the germ theory. — Quart. Journ. of micr. sc. Bd. XIII. p. 380. 1873.

2) Vergl. Koch, l. c. p. 75. — Ferner die Arbeiten über Corneal-Impfungen von Nassiloff, Virch. Arch. 50. 1870. Eberth, zur Kenntniss der bacteritischen Mycosen. Frisch, Experimentelle Studien über die Verbreitung der Fäulnissorganismen. Erlangen 1874.

gleich viel schwieriger zu überwinden. In manchen Fällen, wenn nämlich die zu untersuchenden Keime eine bedeutende Lebenstenacität besitzen, gelingt es die Verunreinigungen durch chemische oder physikalische Mittel zu zerstören, welche das Untersuchungsmaterial selbst nicht angreifen [1]). Natürlich ist aber diese Methode keineswegs zu allgemeiner Anwendung geeignet. — Am empfehlenswerthesten und wohl auch am meisten angewandt ist das von Klebs [2]) aufgestellte Princip der „fractionirten Cultur" d. h. wiederholter Aussaaten (von A auf B, von B auf C, u. s. w.) in der Erwartung, dass in jeder höhern Nummer die Verunreinigungen in entsprechender Potenz verdünnt werden, so dass sie schliesslich bedeutungslos sind. — Selbst bei Anwendung aller dieser Cautelen wird jedoch die Massencultur zur morphologischen Feststellung der gezüchteten Art nur einen bedingten Werth haben, namentlich wenn sie in einem anderen Medium stattfindet als das ist, welchem die gezüchteten Keime entnommen wurden, so lange es nicht gelingt, aus ihr wieder die Formen, von welchen die Züchtung ausging, zu gewinnen und also die Kreislinie bis zurück zu ihrem Ausgangspunkt zu verfolgen. Es werden demnach bei jeder Massencultur Controlversuche in dieser Richtung nöthig sein, um die Identität der durch Züchtung erhaltenen Formen mit der ursprünglichen zu erweisen. —

Ich habe mich bemüht, bei meinen Untersuchungen den oben ausgesprochenen Anforderungen möglichst zu genügen. Zur Aufnahme der Nährflüssigkeiten benutzte ich theils gewöhnliche Reagenzgläschen, welche vorher durch Auskochen mit Säure und Waschen mit Alkohol vollständig gereinigt wurden. Die Flüssigkeit (frisch bereitete Cohn'sche Nährlösung) wurde in dem Gläschen gekocht und gleich nach dem Kochen die Mündung desselben mit einem Pfropf von entfetteter Verbandwatte geschlossen, welcher nur auf Augenblicke bei der Impfung und bei Entnahme von Proben zur Untersuchung gelüftet wurde. Für einen anderen Theil der Nährflüssigkeiten, nämlich für Milch, die blauwerdende Nährlösung (Cohn'sche Lösung und Ammon. lacticum) etc. benutzte ich flache Glascylinder mit abgeschliffenem Rande von 8 cm Durchmesser und 6 cm Höhe. In dieselben, nachdem sie ebenso wie die Reagenzgläschen gereinigt waren, wurden je 50 Ccm der betreffenden Flüssigkeit, nachdem dieselbe vorher bis zum Kochen erhitzt war, heiss

---

[1]) Vergl. die Arbeiten von Eidam und Cohn in Cohn's Beitr. z. Biologie der Pflanzen. Bd. 1 u. 2.

[2]) Klebs, Archiv f. experimentelle Pathologie u. Pharmakologie Bd. II. ff.

eingegossen und dann das Gefäss durch eine auf den geschliffenen Rand passende Glasplatte geschlossen. Die so abgesperrte Luftmenge (ca. 300 – 320 Ccm) ist, wie ich mich mehrfach überzeugt habe, genügend gross, um den vollständigen Ablauf des Processes zu gestatten, ohne dass durch Oeffnen des Verschlusses neue Luft zugeführt zu werden brauchte. Jedoch wurden die meisten dieser Gefässe auch mehrfach zur Entnahme von Proben geöffnet. Die Anwendung besonderer Cautelen bei dem hierdurch bedingten kurzdauernden Zutritt von Luft halte ich auf Grund der auf p. 220 und p. 201 Anmerkg. angeführten Thatsachen für überflüssig. Um eine möglichst reine Aussaat zu erhalten, wandte ich ein Verfahren an, welches im Princip mit der Klebs'schen fractionirten Züchtung übereinstimmt. Von der mir zuerst zugegangenen Probe blauer Milch wurden zunächst 5 auf einander folgende Impfungen gemacht und erst die so gewonnene sehr schön blaue, voraussichtlich von fremden Bacterien ziemlich freie Flüssigkeit bildete den Ausgangspunkt sämmtlicher weiterer zur mikroskopischen Untersuchung benutzter Impfungen. Bei diesen war ich bemüht, durch möglichst zahlreiche Modificationen bezüglich der Zusammensetzung und der Aufeinanderfolge der benutzten Nährlösungen das Impfmaterial fortgesetzt weiter zu reinigen. Zu dem gleichen Zweck wurden die sporenhaltigen Materialien meist vor der Benutzung zu neuen Impfungen gekocht. Zugleich bestrebte ich mich durch immer wiederholte Controlimpfungen auf Milch von den untersuchten Nährlösungen aus, die Identität der in ihnen befindlichen Bacterien mit denen der blauen Milch festzustellen. Das hierbei stets erhaltene positive Resultat, sowie die constante Wiederkehr derselben Formen in der gleichen Nährlösung, einerlei welche andere Lösung das Impfmaterial vorher passirt hatte, berechtigen mich zu der Hoffnung, dass es mir gelungen sei, Täuschungen durch fremde Bacterien bei meinen Untersuchungen zu vermeiden.

Das nachfolgende Verzeichniss der vorgenommenen Impfungen dürfte geeignet sein, das oben Gesagte zu illustriren. Es wurden Impfungen vorgenommen mit dem gleichen mikroskopischen Befund und (in der Milch und blauen Nährlösung) mit nachfolgendem Auftreten des charakteristischen Farbstoffs:

1. Auf Milch.

Von frischer blauer Milch 28,
" getrockneter blauer Milch 5,
" Cohn'scher Lösung 20,
" getrocknetem Altheeschleim 5,
(von diesen 4 nach vorhergehendem Kochen).

Von Glycerin 11,
" mit Wasser verdünnter blauer Milch 4,
" blauer Nährlösung 7,
" Gummi- und Zuckerlösung je.................. 2.

2. Auf Cohn'sche Lösung.

" frischer blauer Milch 17,
" getrockneter blauer Milch..................... 4,
" getrocknetem Altheeschleim 4,
(davon 3 gekocht).
" Glycerin...................................... 3,
" blauer Nährlösung .... 6.

3. Auf Altheeschleim.

" frischer blauer Milch 4,
" Cohn'scher Lösung............................ 1.

4. Auf blauwerdende Nährlösung (Cohn'sche Lösung und Ammon. lacticum).

Von frischer Milch 16,
" Cohn'scher Lösung............................ 4,
" Altheeschleim und getrockneter blauer Milch je . 2.

5. Impfungen aus blauer Milch.

Auf Zuckerlösung 3,
" Gummilösung 2,
sowie Vermischungen von blauer Milch mit Glycerin. 4.

Die Aufeinanderfolge dieser verschiedenen untersuchten Lösungen wurde mannigfach variirt, so z. B.: Blaue Milch — Cohn'sche Nährlösung — Altheeschleim — Blaue Milch; oder Blaue Milch — Altheeschleim — Cohn'sche Nährlösung — Blaue Nährlösung — Blaue Milch; oder Blaue Milch — Glycerin — Cohn'sche Lösung — Blaue Milch; oder Blaue Milch — Blaue Nährlösung — Cohn'sche Lösung — Blaue Milch und so weiter; — immer war der mikroskopische Befund in den gleichen Medien der gleiche, immer trat am Schluss der Reihe wieder die ursprüngliche Form und mit ihr der blaue Farbstoff auf.

Aus jeder Nährlösung wurden, so lange die Beobachtung derselben dauerte, durchschnittlich alle 12 Stunden Proben zur mikroskopischen Untersuchung entnommen und stets ein Theil des Materials frisch angesehen, ein Theil zur Herstellung gefärbter Dauerpräparate nach Koch's[1]) Methode verwandt. Zur Beobachtung benutzte ich

---

[1]) Koch, Verfahren zur Untersuchung, zum Conserviren und Photographiren der Bacterien. — Cohn's Beiträge z. Biol. d. Pflanzen. Bd. II. H. 3. p. 399.

ein Zeiss'sches Instrument mit Abbé'schem Beleuchtungsapparat, und zwar für die meisten Untersuchungen das System E mit Ocul. 4. Für die Erkennung feinerer Verhältnisse namentlich im ungefärbten Zustande, sowie für's Zeichnen entsprechend stärkere Vergrösserungen. Die Zeichnungen wurden sämmtlich nach gefärbten Präparaten mit Syst. L. Oc. 4. (Vergr. ca. $\frac{1900}{1}$) angefertigt, sind jedoch auf Taf. XI. in kleinerem Maassstabe etwa der Vergrösserung Syst. E. Oc. 4 ($\frac{660}{1}$) entsprechend ausgeführt.

Die mikroskopischen Resultate früherer Beobachter lassen sich in wenige Worte zusammenfassen. Fuchs, der Entdecker der „Vibrionen“ in der blauen Milch, bespricht zunächst den Befund in der gewöhnlichen sauren Milch. Nach ihm sollten hier constant 2 Formen vorkommen, „eine sehr kleine Monade und ein grösseres polygastrisches Infusor“ und diese sollten auch in der blauen Milch sich finden, aber für die Blaufärbung nicht verantwortlich sein. Aus der Beschreibung und den beigegebenen Abbildungen geht nur soviel hervor, dass F. mit durchaus ungenügenden Vergrösserungen gearbeitet hat, was er gesehen hat, ist nicht zu erkennen. Den Organismus, welchen er als eigentliche Ursache der Bläuung auffasst, beschreibt er folgendermassen: „Es sind gegliederte Thierchen, in der Regel mit 2 oder 3, oft aber auch mit mehr und nur selten mit 7 Gliedern.“ Die beigegebene Abbildung zeigt je 2, 3 und mehr in Torulaketten aneinanderliegende kugelige Gebilde, welche man heutzutage als Micrococcen bezeichnen würde. — Vielleicht hat Fuchs dasselbe gesehen, was ich als „Gonidien“ bezeichne. Haubner, der die Organismen als *Monas gliscens* bezeichnet und als eine Uebergangsform zwischen den Ehrenberg'schen Gattungen *Monas* und *Bacterium* auffasst, giebt eine Beschreibung, die dem gewöhnlichen Bild ziemlich gut entspricht: „Es sind 2gliedrige Thierchen, die beiden Glieder in der Mitte durch einen seichten Einschnitt bezeichnet und an den Enden verschmälert[1]). Bisweilen wurden auch eingliedrige oder richtiger doppelte Thierchen beobachtet, die durch ein deutliches Verbindungsstück miteinander vereint waren.“ — Die Bewegung war eine tummelnde, d. i. ein fortwährendes Durcheinandergleiten“ etc. In Bezug auf andere Nährlösungen giebt er nur an, dass er das „Infusor“ im Altheeschleim stets grösser gefunden habe (um die Hälfte und mehr) als in der Milch.

---

[1]) H. bezeichnet dieselben wegen ihrer Aehnlichkeit mit dem bekannten Gebäck kurz als „Semmel-Monaden.“

2. Befund in der blauen Milch. Gonidienbildung.

Untersucht man eine geimpfte Milch kurz ehe das Blauwerden eintritt, resp. wenn eben erst ein bläulicher Schein sich bemerkbar macht, aber noch keine Gerinnung stattgefunden hat und die Reaction noch schwach sauer ist, so findet man constant in sehr grosser Anzahl lebhaft bewegte Bacterien. Dieselben bieten in ihrer Form nichts Charakteristisches, sie unterscheiden sich nicht von den in der gewöhnlichen sauren Milch in geringer Zahl, in der gelben Milch massenhaft auftretenden. Ihre Grösse wechselt bedeutend, sowohl in derselben Milch als namentlich in verschiedenen Milchsorten. Durchgängig erreichen sie eine Länge, die etwa dem halben Durchmesser eines rothen Blutkörperchens vom Menschen entspricht, jedoch kommen auch grössere vor und andererseits habe ich Formen gefunden, die nur die Hälfte dieser Grösse erreichen. Länge der einzelnen Stäbchen 0,0025—35; Doppelstäbchen 0,0055—60. Ihre Form ist die eines kurzen Stäbchens mit stumpf abgerundeten Enden (vergl. Taf. XI. Fig. 1); jedoch sind sie keineswegs immer ganz gerade, vielmehr nicht selten in verschiedener Weise schwach gekrümmt. — In so frühen Stadien erscheinen sie meist einfach, oder nur zu zwei aneinander gereiht. Ihre Bewegung ist eine sehr lebhafte und wechselnde, bald hin- und herschiessend, wobei abwechselnd das eine und das andere Ende vorangeht, bald kreiselnd oder auf einem Ende sich drehend, bald um die Längsachse rotirend, wie man an den etwas gekrümmten deutlich erkennen kann. Die ganze Art der Bewegung macht den Eindruck als würde sie durch Geisseln bewirkt und ich habe auch mehrfach geglaubt bei temporär ruhenden Stäbchen einen Strudel in der Flüssigkeit zu bemerken, wie er nur durch eine Geissel erzeugt werden könnte; jedoch ist es mir nicht gelungen, eine Geissel mit Sicherheit zu bemerken, weder an den lebenden noch an den getrockneten und nach Koch's Angabe gefärbten Organismen. Ich muss also die Frage, ob hier eigene Bewegungsorgane existiren, vorläufig offen lassen.

Wenn die Säuerung der Milch ausgebildet ist und dem entsprechend die Bläuung eine grössere Intensität erreicht, sieht man an den Bacterien Theilungsvorgänge eintreten. Zuerst Zweitheilung eines jeden Stäbchens, so dass man an den blauen Stellen fast nur noch solche zweigetheilte zu Gesicht bekommt (Haubner's Semmelmonaden). Jedoch bleibt es nicht bei der einfachen Zweitheilung; die so getheilten Bacterien theilen sich wieder, oft noch ehe sie sich getrennt, so dass Reihen von 4 aneinanderhaftenden Stäbchen ent-

stehen. — Die Theilung findet in der ersten Zeit erst dann statt, wenn das Stäbchen bedeutend, fast um das Doppelte seiner ursprünglichen Länge gewachsen ist, so dass die entstehenden Theilstücke dem früheren Mutterorganismus an Grösse nur wenig nachstehen. Je weiter der Process fortschreitet, um so früher theilen sich diese neugebildeten Stäbchen wieder, um so kleiner werden demnach die resultirenden Theilstückchen. — Die Theilung erfolgt in der bei Bacterien gewöhnlich beobachteten Weise, durch einfache Abschnürung. Das Stäbchen verdünnt sich an einer Stelle ringförmig, ohne dass jedoch das Protoplasma an dieser Stelle eine geringere Dichtigkeit zeigte, wie in den übrigen Theilen des Körpers, und bricht endlich hier durch, worauf die Theilstückchen noch eine zeitlang aneinander liegen bleiben (durch die äussere Protoplasmaschicht, als Membran, zusammengehalten?), um sich später zu trennen. — Mit dem Eintritt der Theilung wird die Bewegung träger (Verlust der supponirten Geisseln?), und zwar immer mehr mit jeder weiteren Theilung. Damit hängt es wohl zusammen, dass die Producte der Theilung in den ersten Generationen sich noch leicht von einander lösen, je kleiner sie aber werden, um so fester aneinander haften und längere Ketten bilden. — Als Endresultat dieser fortgesetzten Theilung entstehen zuletzt wenig oder gar nicht bewegliche torulaähnliche Ketten. Das einzelne Glied einer solchen Reihe ist nicht rund, sondern immer noch länglich und zwar meist nicht einfach stäbchenförmig, sondern mit einer geringen Einschnürung in der Mitte versehen, „bisquitförmig [1]).“ (Längster Durchmesser 0,0014—12.) Vergl. Taf. XI. Fig. 3.

Mit der Bildung dieser Torulaketten ist der Entwicklungscyclus der Pflanze in Milch abgeschlossen; das einzelne Glied einer solchen Kette repräsentirt ein Gonidium, welches, wie es scheint, in derselben Milch (da sie durch die vorhergehenden Processe zersetzt ist) nicht wieder auskeimen kann, welches dagegen, in ein neues Medium, z. B. in frische Milch versetzt, zum Ausgangspunkt einer neuen Entwickelungsreihe wird. — Es geschieht das in der Weise, dass das in frische Milch übertragene Gonidium sich zu einem Stäbchen verlängert und zugleich beweglich wird. Noch ehe es eine bedeutendere Länge erreicht hat, theilt sich dieses Stäbchen in zwei, welche dann schnell die Grösse der ursprünglichen Stäbchen erreichen und, sobald genügend Milchsäure gebildet ist, unter Pro-

---

[1]) Cohn hat ähnliche Formen bei den Sporen von *Crenothrix* beobachtet. Beitr. z. Biol. d. Pfl. I. 1. Vergl. auch die Arbeiten von Klebs (z. B. über *Monas pulmonalis* „Bimonaden“, in d. Arch. f. exp. Pathologie) u. A.

duction von blauem Farbstoff durch fortgesetzte weitere Theilung wieder neue Gonidien [1]) liefern.

Die Reihe der Generationen von dem einfachen schwärmenden Stäbchen an bis zu den Gonidien wird in der blauen Milch unter gewöhnlichen Verhältnissen in etwa 4—5 Tagen durchlaufen. Nach dieser Zeit ist der grösste Theil der Bacterien in einzelne oder zu Ketten verbundene Gonidien zerfallen; es hat damit die Bläuung ihren Höhepunkt erreicht und die Milch blasst in den folgenden Tagen ab, da der unbeständige Farbstoff durch das Licht, die Luft und eventuell auch durch die Entwickelung anderer Organismen in der Milch zerstört wird. Bis zu dieser Zeit ist man auch bei unreiner Aussaat resp. wenn Verunreinigungen beim Oeffnen der Gefässe aus der Luft eingedrungen sind, im Stande reine Zucht zu halten; sobald jedoch die Gonidienbildung eintritt und damit die Weiterentwickelung der chromogenen Bacterien ihr Ende erreicht, bemächtigen sich die fremden Organismen des noch überschüssigen Nahrungsstoffes. — Namentlich ist es das *Oidium lactis* (dessen Sporen auch bei reiner Aussaat leicht durch die Luft übertragen werden können), welches fast constant auftritt, aber immer erst nach Ablauf des Lebensprocesses der pigmentbildenden Bacterien. Ueberträgt man absichtlich Sporen desselben in eine noch von schwärmenden Bacterien erfüllte Milch, so sieht man an ihnen in der Regel keine Keimung eintreten, so lange die Bacterienentwickelung dauert; ist dieselbe abgeschlossen, so keimen die Sporen sehr rasch und bilden oft schon in 1 Tage ein reichliches Mycel. — Umgekehrt kommen pigmentbildende Bacterien in einer Milch, die wucherndes Oidium enthält, nicht, oder nur unvollständig zur Entwickelung. — Andere Bacterienformen treten, falls die Aussaat rein war, auch nach Ablauf der Bläuung selten auf; theils wohl aus dem Grunde, weil sie überhaupt durch die Luft schwerer übertragbar sind, theils wegen der sauren Reaction der Flüssigkeit, welche für die Entwickelung der meisten Bacterien hinderlich ist [2]). — Ich habe nur hin und wieder

---

[1]) Ich habe die Bezeichnung Gonidien gewählt, weil diese Gebilde den unten zu beschreibenden Sporen nicht gleichwerthig sind, vielmehr ihrer Function nach eine ähnliche Bedeutung zu haben scheinen, wie die einzelnen Glieder der Gonidienreihen bei den Wassermycelien mancher Schimmelpilze. (Mucor.)

[2]) Brefeld, Untersuchungen über Spaltpilze. I. Bacillus. — Sitzg. d. Gesellsch. naturf. Freunde in Berlin 19. II. 1878. Derselbe, Landwirthschaftliche Jahrbücher IV. Jahrg. 2. Heft.

Naegeli, Die niederen Pilze in ihren Beziehungen zu den Infectionskrankheiten. München 1877. — pag. 49.

Entwickelung von *Bacillus subtilis* (Buttersäuregährung) und ausserdem das Auftreten eines sehr kleinen *Micrococcus*, welchen schon Haubner[1]) erwähnt, beobachtet. Der Letztere tritt meist in Form kurzer Ketten, seltener in kleinen Zoogloeahaufen auf. — Dass diese Gebilde zu den chromogenen Bacterien in keiner genetischen Beziehung stehen, kann keinem Zweifel unterliegen; ich habe sie hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt. —

Versetzt man die pigmentbildenden Bacterien unter ungünstige Ernährungsverhältnisse, so bemerkt man ein ganz analoges Verhalten wie das seit längerer Zeit bekannte und beschriebene der Schimmelpilze[2]), die Stäbchen wachsen nicht weiter, die Gonidienbildung tritt verfrüht ein[3]). Ein Theil der Stäbchen (vielleicht die, welche noch gar keine Theilung eingegangen sind) zerfällt unter solchen Umständen körnig, die Mehrzahl wird bewegungslos und theilt sich je nach der Länge in 2 oder 4 Gonidien (cf. Taf. XI. Fig. 4.). Dieser Process tritt ein, einmal wenn man blaue Milch mit Oel bedeckt, also den Bacterien die Luft entzieht. In den ersten Stunden schreitet, wie schon oben gesagt wurde, die Bläuung noch fort, sobald aber die in der Milch absorbirte Luft verzehrt ist, steht sie still und man findet dann neben einzelnen zerfallenen Stäbchen nur noch Gonidien, meist einzeln oder nur zu wenigen aneinanderhängend, aber keine langen Ketten bildend. — Dass es sich hier um Gonidien und nicht etwa um einfache Zerfallsproducte handelt, wird durch die Impfung auf frische Milch bewiesen, in welcher man unter eintretender Bläuung dieselbe Generationsreihe sich wieder entwickeln sieht, wie in der Milch, welche durch gewöhnliche blaue Milch geimpft wurde.

Analoge Verhältnisse finden sich zweitens, wenn man die Bacterien von der Milch auf gewisse andere Stoffe überträgt. Ich muss hier etwas ausführlicher auf die im ersten Abschnitt nur kurz angedeuteten Experimente zurückkommen. Schon Haubner scheidet die Körper, welche, ohne selbst blau zu werden, das Contagium der blauen Milch conserviren, in 2 Gruppen, Körper, in denen die Bacterien weiter wuchern und Körper, in denen eine solche Vermehrung nicht statt findet. Als der ersteren Gruppe angehörig nennt er Altheeschleim etc., zu der zweiten zählt er Gummilösung und Zuckerlösung. Er

---

1) Haubner, l. c. pag. 163.

2) Brefeld, Untersuchungen über die Schimmelpilze. Leipzig 1872.

3) Ein ähnlicher Vorgang, verfrühte Sporenbildung, wurde neuerdings auch bei *Bacillus anthracis* beobachtet. — Cossar Ewarts, On the life history of *Bacillus anthracis*. Quart. Journ. of micr. science Bd. XVIII. 1878 pag. 161.

giebt an, dass in diesen die Bacterien zwar mikroskopisch noch nachweisbar seien, aber „abgestorben," und stützt hauptsächlich auf die erfolgreichen Impfungen mit diesen Flüssigkeiten seine Annahme, dass diese Organismen die Träger des Contagiums nicht sein könnten, dass dasselbe vielmehr ein in Wasser und den angegebenen Flüssigkeiten lösliches chemisches Ferment darstelle. — Bekanntlich sind ähnliche Anschauungen mehrfach auch in Bezug auf pathogene Bacterien geäussert worden; ich erinnere hier nur an die Arbeiten von Panum[1]) und Bergmann[2]), welche das wirksame Agens in einem zwar durch die Bacterien gebildeten, aber von diesem isolirbaren Ferment darzustellen suchten. — Ich musste zunächst annehmen, dass hier ähnliche Verhältnisse vorlägen, und versuchte, nachdem ich mich von der Richtigkeit der Haubner'schen Angaben über die Impfkraft der Gummi- und Zuckerlösung überzeugt hatte, das vermeintliche Ferment in einer haltbareren und zweifellos zur Ernährung niederer Organismen untauglichen Lösung darzustellen. Hierzu wählte ich, angeregt durch die Untersuchungen Hiller's[3]), das Glycerin. — Zunächst schien das Resultat den Erwartungen entsprechend. — Wenn man blaue Milch mit Glycerin vermischt und filtrirt, so erhält man eine zunächst schön blaue, nach einigen Tagen gelblich werdende Lösung, welche zu anderer Milch hinzugefügt, sich vollkommen impfkräftig erweist und in der normalen Weise, nach vorhergegangenem Incubationsstadium die Bläuung hervorruft. — Jedoch mussten schon a priori zwei Thatsachen in der Ansicht, dass es sich um ein gelöstes Ferment handle, wankend machen; einmal der Umstand, dass die Bläuung (auch in schon saurer Milch) nicht sofort eintrat, sondern erst nach Ablauf der gewöhnlichen Incubationszeit, andererseits, dass das Filtrat auch nach wiederholtem Filtriren sich nicht ganz klar erhalten liess und je mehr es filtrirt wurde, um so weniger wirksam erschien.

Endlich überzeugte mich die mikroskopische Untersuchung, sowohl bei Zucker- und Gummilösung, wie beim Glycerin, dass es sich in allen drei Flüssigkeiten nicht um ein gelöstes Ferment handelt, sondern dass sich in allen suspendirte Gonidien der Bacterien der blauen Milch vorfinden, und zwar auch in den Fällen, wo man frische, noch gar keine oder nur spär-

---

[1]) Panum's Aufsatz in Virchow's Archiv. Bd. LX.

[2]) Bergmann, Ueber das schwefelsaure Sepsin. — Centralblatt f. d. medic. Wissenschaften 1868. No. 32. pag. 497.

[3]) Hiller, Ueber extractförmiges, putrides und septicämisches Gift. — Centralblatt für Chirurgie 1876. No. 10—15.

liche Gonidienketten enthaltende Milch benutzt hatte. — Es tritt hier derselbe Process ein wie bei der mit Oel bedeckten Milch, wie man sich mit einiger Aufmerksamkeit leicht überzeugen kann. — Ueberträgt man lebhaft schwärmende Bacterien aus der blauen Milch in Zucker-, Gummilösung oder Glycerin, so sieht man nach kurzer Zeit dieselben bewegungslos (Haubner hielt dies für ein Zeichen des Absterbens) und meist schon nach 12 Stunden findet man sie alle in die oben beschriebenen Gonidien zerfallen. — Auch in der getrockneten blauen Milch sind die Gonidien die Erzeuger neuer Generationen. Weicht man etwas trockene Milch unter dem Deckgläschen mit Wasser auf, so sieht man in dem allmählich zerfliessenden Brei keines der früheren Stäbchen mehr erhalten, wohl aber in grosser Zahl die Gonidien. —

Fassen wir die bisher beschriebenen Beobachtungen kurz zusammen, so kommen wir zu dem Resultat, dass die Bacterien in der blauen Milch (analog der functionirenden Hefe) nur in Sprossgenerationen durch einfache fortgesetzte Theilung sich vermehren und als Endproducte dieser Theilung Gonidien bilden.

Diese Gonidien zeigen eine grössere Lebenstenacität als die schwärmenden Stäbchen, aber keineswegs die „Unverwüstlichkeit“ wirklicher Sporen. Sie werden durch Kochen vernichtet, behalten ihre Entwickelungsfähigkeit im trockenen Zustande und in Glycerin etc. zwar einige (2—3) Monate, lassen sich jedoch nicht auf längere Zeit conserviren.

Die bisher beschriebenen Formen cyanogener Bacterien in der Milch zeigen alle eine ungemein dünne Gallerthülle, welche nur, wenn 2 Stäbchen oder Gonidien aneinander liegen, als weisse Linie zwischen ihnen sichtbar wird. — In einzelnen Fällen wird jedoch in den oben beschriebenen Entwicklungscyclus eine Generation eingeschaltet, welche sich durch dicke Hüllen auszeichnet (Taf. XI. Fig. 2). Dieselbe tritt auf vor der Bildung schwärmender Stäbchen. Die ausgesäeten Gonidien werden in diesen Fällen nicht wie gewöhnlich beweglich, sondern bleiben zunächst ruhend, bekommen dabei (6—8 Stunden nach der Impfung) einen breiten homogenen Gallerthof. Die Schleimhüllen der einzelnen fliessen nicht zusammen, sie bilden also keine Zoogloea [1]). Im Innern der Hülle wächst das Gonidium zum Doppelstäbchen

[1]) Nur einmal beobachtete ich eigenthümliche Schläuche, welche nach der unregelmässigen Lagerung der in ihnen enthaltenen Stäbchen nicht durch vermehrtes Wachsthum eines Individuums, sondern durch Zusammenfliessen mehrerer entstanden zu sein schienen.

aus, welches sich an der ursprünglichen Einschnürungsstelle theilt. Dann schwindet allmählich die Hülle; sie zerreisst nicht, wie bei Billroth's „Ascococcus[1])," sondern scheint sich in der Flüssigkeit aufzulösen. Das so frei gewordene Stäbchen beginnt zu schwärmen (20—24 Stunden nach der Impfung) und es kommt damit die weitere Entwickelung in ihr gewöhnliches Geleise. — Dass dieser Process wirklich so vor sich geht, dass die „Gliobacterien" wirklich als Glied in die Entwickelungsreihe hineingehören und in die gewöhnliche schwärmende Form übergehen, davon habe ich mich mehrfach durch Beobachtung in Koch's feuchter Kammer[2]) überzeugt. Leichter und in weniger mühevoller Weise kann man sich diese Ueberzeugung verschaffen durch das von Billroth (welcher ähnliche Formen beobachtete) empfohlene Mittel des Wasserzusatzes (l. c. pag. 9). Dabei verschwindet der Gallerthof sehr schnell und die Stäbchen beginnen schon nach 20—30 Minuten Bewegungen zu machen.

Unter welchen Umständen diese „Gliobacterien-Generation" eingeschaltet wird, kann ich nicht genau sagen. Constant ist sie nicht; man findet sie hin und wieder und zwar, wie ich gleich hier bemerken will, nicht nur bei der Entwickelung der cyanogenen Bacterien aus den Gonidien, sondern auch bei den fast ebenso verlaufenden, aus den weiter unten zu beschreibenden Sporen. Auf den Process der Bläuung hat das Auftreten dieser Generation insofern einen störenden Einfluss, als der Farbstoff, entsprechend der späteren Ausbildung der schwärmenden Formen, auch erst spät gebildet wird. Im Uebrigen glaube ich dieser Erscheinung keine weitere Bedeutung beilegen zu dürfen, da die Dicke der Gallerthülle bekanntlich bei allen Bacterienformen und oft unter dem Einfluss ganz unbedeutender Aenderungen in den Nährsubstanzen bedeutend schwankt —, und bemerke nur noch, dass die mit starker Umhüllung versehenen Formen an und für sich für das Bacterium der blauen Milch ebensowenig charakteristisch sind, wie die Form der schwärmenden Stäbchen. Billroth[3]) sah ähnliche Gebilde in Fleischwasser mit Zucker, und Lister[4]) hat fast ganz gleiche in gewöhnlicher saurer Milch gesehen und abgebildet.

---

[1]) Billroth, Untersuchungen über die Vegetationsformen von *Coccobacteria septica*. Berlin 1874. pag. 12.

[2]) Koch's Entwickelungsgeschichte v. *Bacillus Anthracis*. Cohn's Beiträge z. Biol. d. Pfl. II. 2. pag. 285.

[3]) Billroth, l. c. Fig. 22.

[4]) Lister, Bacteria and the germ theorie. Quarterly journ. of the microsc. science. Bd. XIII. Taf. 19.

3. Befund in der Cohn'schen Lösung. Sporenbildung.

Einen von dem bisher beschriebenen völlig abweichenden Entwicklungsprocess durchlaufen die Bacterien in denjenigen Stoffen, welche Haubner als erste Gruppe der Infectionsträger hinstellt, den Stoffen, welche selbst nicht blau werden, wohl aber das Contagium conserviren und es sich vermehren lassen. Am besten der Beobachtung zugänglich und am genauesten von mir studirt sind die Vorgänge in Cohn'scher Nährlösung, jedoch habe ich mich überzeugt, dass sie in Altheeschleim und den anderen von mir flüchtiger untersuchten Vehikeln im Wesentlichen gleich verlaufen. — Es tritt hier ein Process ein, welchen ich im Gegensatz gegen die in der Milch stattfindende Gonidienbildung als Sporenbildung bezeichnen möchte; derselbe gestaltet sich in derselben Weise, sowohl wenn man Gonidien, als wenn man schwärmende Stäbchen in die Nährlösung überträgt. In beiden Fällen findet man nach ca. 12 Stunden die Oberfläche der Flüssigkeit bedeckt mit einer dicken weissen Schicht, welche ausschliesslich aus sehr lebhaft bewegten langen Stäbchen (etwa $1\frac{1}{2}$ bis 2 mal solang wie die in der blauen Milch) besteht. Diese Stäbchen sind theils vereinzelt, theils zu zwei aneinander hängend, also wohl in Theilung begriffen. Schon nach 24 Stunden (oft auch früher, bisweilen erst nach 36 Stunden) bemerkt man an denselben eine eigenthümliche Veränderung. Das eine, in seltenen Fällen auch beide Enden, erscheinen, frisch betrachtet, etwas angeschwollen und weniger stark lichtbrechend wie das übrige Stäbchen. Am gefärbten Präparat erkennt man mit aller Schärfe an diesem Ende eine blasige Vorbuchtung der (an dem Organismus sonst nicht sichtbaren) Membran. (Vergl. Taf. XI. Fig. 5.) Diese Veränderung tritt bei fast allen Stäbchen ungefähr zur gleichen Zeit ein; die Beweglichkeit ist dabei nicht verringert. — An welchem der beiden Enden diese Blase auftritt, scheint indifferent zu sein, soweit man aus den Bildern von zwei aneinanderhängenden schliessen kann (s. Taf. XI. Fig. 5 u. 6). Nach weiteren 6—12 Stunden bildet sich an der Spitze der Blase ein Protoplasmaklümpchen wie eine Verdickung der Membran (Fig. 6), welches allmählich wachsend endlich zu einem ovalen Körperchen wird, das von dem ursprünglichen Stäbchen durch einen hellen Raum getrennt ist, aber durch die Membran noch mit ihm zusammenhängt (Fig. 6). Dieses Gebilde stellt die Spore dar. Durch Einreissen oder Einschmelzen der Membran wird die Spore endlich von dem immer noch lebhaft bewegten Stäbchen getrennt und bleibt dann bewegungslos liegen. Die Länge der sporentragenden Stäbchen beträgt durchgängig 0,0040; der grösste Durch-

messer der ausgebildeten Spore 0,0010. — Die Lebensdauer des Stäbchens ist, soweit ich mich habe überzeugen können, mit der Sporenbildung nicht abgeschlossen, dasselbe schwärmt weiter und scheint nach Ablauf einiger Zeit in derselben Weise wieder eine Spore bilden zu können. — Die so gebildete Spore ist wenig stärker lichtbrechend als das übrige Stäbchen und zeigt nicht die stark glänzende öläbnliche Hülle, wie sie den Dauersporen der Bacillen wohl ohne Ausnahme zukömmt[1]). Wenn 3—4 Tage nach der Impfung verflossen sind, sieht man in der Cohn'schen Lösung neben zahlreichen bewegten Stäbchen in verschiedenen Stadien der Sporenbildung massenhafte abgelöste Sporen in dicht gedrängten Haufen (jedoch nicht wie Zoogloea durch eine gemeinsame Gallerthülle zusammengehalten) zusammenliegen. — Hat man eine genügende Menge von Nährlösung angewandt und setzt die Beobachtung weiter fort, so bemerkt man (nach etwa 5—6 Tagen) die Bildung einer zweiten Generation, dadurch dass die Sporen von der ersten Generation keimen. Jedoch wiederholt diese zweite Generation nicht genau die Formen der ersten. Die Spore vergrössert sich zunächst in einer Richtung, ohne dass dabei Differenzen in der Dichtigkeit ihres Protoplasma auftreten, sie nimmt dadurch die Form eines kurzen gedrungenen Stäbchens, oder da meist ein Ende schmäler ist wie das andere, die Form einer kurzen Keule an. Zugleich wird sie beweglich und schwärmt ebenso lebhaft umher wie die Stäbchen der ersten Generation, deren Länge sie jedoch kaum zur Hälfte erreicht. (Vergl. Taf. XI. Fig. 7.) (Durchschnittl. Länge 0,0020—25.) — Ein weiteres Längenwachsthum tritt auch in der Folge nicht ein, sondern es entwickelt sich jetzt sofort an dem dickeren Ende die blasige Vorbuchtung der Membran, und die Bildung einer neuen Spore, welche jetzt dem Mutterorganismus an Grösse nur sehr wenig nachsteht, erfolgt in derselben Weise wie in der ersten Generation. — Alle noch weiter folgenden Generationen gleichen, soweit meine Beobachtungen reichen, in ihrer Form und Grösse der zweiten. —

Diese Art der Sporenbildung scheint mir für das Bacterium der blauen Milch charakteristisch zu sein. Dieselbe weicht von den sonst beobachteten Formen der Sporenbildung sowohl bei Bacillus wie bei Bacterien[2]) wesentlich ab. Bei diesen entsteht die Spore durch eine Verdichtung des Protoplasma in der Mitte oder an einem Ende, vielleicht auch durch seitliche Sprossung[3]). — Bei unsern Bacterien sehen wir als Einleitung der Sporenbildung

[1]) Vergl. die Beschreibungen von Cohn, Koch, Billroth, Cossar Ewarts, Brefeld u. A. [2]) Vergl. d. photographischen Abbildungen von Koch. Cohn's Beitr. Bd. 2. Taf. XV. [3]) Ebds. Taf. XV. Fig. 4.

eine Vortreibung der Membran, an welcher das Protoplasma nicht theilnimmt, welche vielmehr zunächst nur mit Flüssigkeit erfüllt zu sein scheint. In dieser Blase bildet sich die Spore ohne Zusammenhang mit dem übrigen Protoplasma in einer Weise, die den Eindruck macht als entstände sie durch eine circumscripte Verdickung der vorgetriebenen Membran[1]). — Meines Wissens ist eine ähnliche Form der Sporenbildung bisher bei keiner anderen Bacterien-Art beschrieben worden[2]); Controlimpfungen mit verschiedenen anderen bacterienhaltigen Flüssigkeiten auf die Cohn'sche Lösung ergaben immer nur die Bildung der gewöhnlichen stark glänzenden Dauersporen namentlich an dem einen Ende der Organismen (Billroth's Helobacterien), nie ähnliche Bilder wie bei den Bacterien der blauen Milch. — Dagegen traten diese Formen constant auf sobald Bacterien aus der blauen Milch auf Cohn'sche Lösung übertragen wurden, einerlei in welcher Form und aus welchem Nährboden. (Vergl. d. Verzeichniss d. Impfungen pag. 222.) Einen weiteren Beweis für die Identität der Organismen liefert der stets positive Erfolg der Pigmentbildung bei Impfung aus der Cohn'schen Lösung auf Milch (resp. auf blau werdende Nährlösung). Die Umwandlung der Sporen, welche in ihrer Grösse mit den Gonidien ziemlich genau übereinstimmen, jedoch nie die Einschnürung in der Mitte (die Bisquitform) darbieten, in die schwärmende und pigmentbildende Generation, erfolgt ganz in derselben Weise wie ich es oben bezüglich der Gonidien beschrieben habe. Die Spore verlängert sich zu einem Stäbchen (ob hier auch sofort eine Zweitheilung eintritt wie bei den Gonidien, vermag ich nicht zu sagen), dieses beginnt zu schwärmen und theilt sich dann unter Bildung von blauem Farbstoff successive ganz wie nach der Impfung mit frischer blauer Milch. — Ich will hier noch kurz eine Thatsache erwähnen, welche, wie mir scheint, einiges theoretische Interesse bietet. Die sporenhaltige Cohn'sche Lösung enthält, wie schon oben bemerkt wurde, neben den ausgebildeten Sporen immer noch zahlreiche schwärmende Stäbchen in verschiedenen Stadien der Sporenbildung. Diese werden also bei der Impfung auf Milch mit übertragen, vermögen sich aber hier nicht

[1]) Die sporenbildenden Formen der zweiten Generation bieten in ihrem Aeusseren in den ersten Stadien der Sporenbildung gewisse Aehnlichkeiten mit der Beschreibung, welche Brefeld (Untersuchungen über d. Spaltpilze l. c.) von den auskeimenden Dauersporen von *Bacillus* giebt. — Dass es sich hier nicht um eine Verwechselung handelt, beweisen die weiteren Stadien. F. 7.

[2]) Vielleicht hat Billroth ähnliche Formen gesehen, aber nur in ungefärbtem Zustande, in welchem die Verhältnisse sehr schwer zu erkennen sind. Vergl. seine Abbildung l. c. Taf. IV. Fig. 39.

weiter zu entwickeln, werden vielmehr nach kurzer Zeit bewegungslos und gehen durch körnigen Zerfall zu Grunde. Ebenso verhalten sich die schon in Cohn'scher Lösung ausgekeimten Sporen[1]. Nur die fertigen, aber noch nicht gekeimten Sporen sind im Stande bei der Uebertragung aus Cohn'scher Lösung in Milch, die pigmentbildende Generation zu erzeugen. — Diese Thatsache wirft ein eigenthümliches Licht auf die berühmte und von vielen Seiten als fast unbegrenzt angesehene Anpassungsfähigkeit der Bacterien. Sie liefert den Beweis, dass wenigstens für den gegebenen Fall dem in dem einen Medium erwachsenen Individuum die Fähigkeit sein Leben in dem anderen Medium fortzusetzen, also sich den veränderten Verhältnissen zu adaptiren, abgeht. — Nur die Spore, der noch nicht für eine bestimmte Lebensaction differenzirte Keim, vermag je nach den äusseren Verhältnissen in verschiedene Entwickelungs- und Thätigkeitsformen überzugehen. — Hat aber einmal die Entwicklung in der für ein bestimmtes Medium geeigneten Weise begonnen, so ist ein Einlenken auf andere Bahnen, bei eintretenden Veränderungen in den äusseren Verhältnissen, nicht mehr möglich. —

Dass sich die beschriebenen sporentragenden Formen ausser in Cohn'scher Lösung auch in Altheeschleim und den analogen Körpern (Quittenschl. etc.) bilden, habe ich schon oben bemerkt. — Ich möchte hier noch hinzufügen, dass man dieselben Formen auch in der mit Wasser stark verdünnten blauen Milch auftreten sieht. Die geringe Säuremenge in dieser Flüssigkeit wird schnell aufgezehrt, damit hört die weitere Bildung der Sprossvegetationen auf, und indem die Flüssigkeit allmählich alkalisch wird, entwickeln sich aus den Gonidien dieselben sporentragenden Stäbchen wie in Cohn'scher Lösung. — Dadurch wird die zunächst auffällige Beobachtung Haubners erklärt, dass die gewöhnliche blaue Milch durch Kochen impfunfähig werde, dagegen mit viel Wasser verdünnte blaue Milch ihre Impfkraft durch Kochen nicht verliere. —

Bevor ich diesen Abschnitt schliesse, muss ich noch gewisse eigenthümliche Formen erwähnen, welche mir nicht constant, aber doch recht häufig unter den sporentragenden Stäbchen zu Gesicht gekommen sind. Vergl. Fig. 8. Es sind das meist zu zweien aneinander liegende kurze Stäbchen, bei denen nicht am Ende, sondern

---

[1] In gefärbten Präparaten von blauer Milch, welche mit Cohn'scher Lösung geimpft wurde, sieht man in der ersten Zeit nach der Impfung diese abgestorbenen Formen noch deutlich erkennbar, aber durch ihre schwache Färbung von den intensiv gefärbten lebenden scharf unterschieden.

an einer beliebigen Stelle im Verlauf das Protoplasma heller erscheint, also ein vacuolenähnlicher Raum bemerkbar ist. Derselbe liegt nicht, wie die Vacuolen in Pilzfäden in der Mitte, sondern an der Seite, hat auch keine runde Form, erscheint vielmehr meist unregelmässig 3eckig. — Man könnte zunächst bei den gefärbten Präparaten annehmen, dass es sich um einen Präparationsfehler, etwa um unvollständig zerbrochene Stäbchen handle; jedoch ist das nicht der Fall, man bemerkt die Veränderung bei guter Beleuchtung schon am ungefärbten Präparat bei den lebenden, bewegten Organismen. — Bezüglich der Deutung dieser Bilder bin ich in einiger Verlegenheit; ich möchte sie für irgendwie in der Entwicklung gestörte Formen halten. Meine bisherigen Versuche, die Veranlassung dieser Störung zu erkennen und die Entwicklung der Veränderung zu beobachten, waren jedoch vergeblich. —

4. Befund in der blauen Nährlösung. Chroococcusform.

Nachdem ich bei meinen mikroskopischen Untersuchungen bis zu den bisher geschilderten Resultaten gelangt war, glaubte ich den Lebenscyclus des in der blauen Milch vorkommenden Bacterium vollständig zu kennen. Mit der Entwicklung der pigmentbildenden Sprossverbände einerseits, der sporentragenden Stäbchen andererseits, schien die Zahl der für unsern Organismus möglichen Lebensphasen abgeschlossen, und es schien diese Annahme um so mehr berechtigt, als die beobachteten Entwicklungszustände sich denen, welche bei der am besten gekannten Bacteriengattung, Bacillus, vorkommen, recht wohl parallelisiren liessen. Ich wurde jedoch eines Besseren belehrt durch die mikroskopischen Befunde in der blau werdenden Nährlösung, der Mischung aus Cohn'scher Flüssigkeit und milchsaurem Ammoniak. Als mich viele vergebliche Versuche endlich zu der Herstellung dieser Nährlösung geführt hatten, machte ich mich mit grossen Erwartungen an die mikroskopische Untersuchung derselben, in der Voraussicht, hier dieselben functionirenden Sprossgenerationen wiederzufinden, wie in der blauen Milch und in der Hoffnung hier, unbehelligt durch die störenden körperlichen Bestandtheile der Milch, ihre Entwicklung genauer studiren zu können. — Ich war offen gestanden zunächst bestürzt, als ich ein von dem Erwarteten ganz abweichendes Bild fand. — Die blaue Flüssigkeit zeigte auf ihrer Oberfläche ein weisses schleimiges Häutchen, dessen mikroskopische Untersuchung jedoch weder Stäbchen, noch Gonidienketten, sondern nur zahllose glänzende runde Körperchen, sehr kleinen Hefezellen ähnelnd, zeigt. Diese Kügelchen, von etwas wechseln-

der Grösse, ca. 0,0012 im Durchmesser haltend, besitzen ein ziemlich starkes Brechungsvermögen und dem entsprechend lebhafteren Glanz wie gewöhnliche Bacterien. Frisch betrachtet zeigen sie oft im Centrum eine hellere Stelle wie eine Vacuole oder einen Kern, jedoch lässt die Färbung mit Methylviolett einen Unterschied in der Imbibitionsfähigkeit des Protoplasma an dieser Stelle nicht erkennen; sie färben sich ganz gleichmässig und sehr intensiv. Vergl. Fig. 9. Theils erscheinen sie bewegungslos, theils in lebhaft tanzender und kreiselnder Bewegung (nicht Molecularbewegung). Sowohl die bewegten, wie die ruhenden Körperchen besitzen eine dünne Gallerthülle und finden sich selten einzeln, oft zu zweien aneinandergelagert oder zu 8, 10 und mehr in Colonien vereinigt. — Der nahe liegende Gedanke, dass es sich hier um einen anderen Organismus, welcher mit dem Bacterium der blauen Milch nur die Fähigkeit der Pigmentbildung gemein habe, handle, wird widerlegt, einmal durch das constante Auftreten dieser Form nach Impfungen aus den verschiedensten Substanzen, welche entwickelungsfähige Generationen des Bacterium der blauen Milch enthalten (vergl. p. 222), ferner durch die constant eintretende Bildung der gewöhnlichen Sprossgenerationen und Gonidienketten, wenn man aus blauer Nährlösung auf Milch impft, und drittens durch die Bildung der oben beschriebenen sporentragenden Generation bei Impfung der blauen Nährlösung auf Cohn'sche Flüssigkeit. — Die Entwickelung der hefeähnlichen Zellen aus den Gonidien scheint mir nach meinen Beobachtungen sich so zu gestalten. Etwa 6 Stunden nach Impfung von Gonidien auf blaue Nährlösung, sieht man dieselben in der Weise angeschwollen, dass sie anstatt der früheren Bisquitform die von 2 aneinanderliegenden, durch tiefen Einschnitt getrennten Kugeln darstellen. Zugleich sind sie beweglich geworden. Im weiteren Verlauf theilen sie sich an der Einschnürungsstelle und bilden dadurch je zwei der Hefe ähnliche Zellen. — So lange die Bildung des blauen Farbstoffs andauert, vermehren sich diese Zellen durch Zweitheilung (nicht durch Sprossung, wie die Hefe); das Kügelchen vergrössert sich in einer Richtung, wird dadurch zu einem ovalen Gebilde, bekommt sehr bald in der Mitte eine Einschnürung und theilt sich endlich an dieser Stelle in zwei gleich grosse Kugeln, welche nicht kleiner sind als der Mutterorganismus.

Die einzelnen Theilstücke können sich von einander trennen, scheinen aber meist zusammen zu bleiben und durch weitere Theilung einen flachen (nicht kugeligen) Haufen von 8—10, durch wenig Gallert getrennter Zellen zu bilden. — Hört die Bildung des blauen

Farbstoffs auf, was in der von mir benutzten Nährlösung unter Eintritt alkalischer Reaction meist schon am zweiten oder dritten Tage geschah, so geht eine weitere eigenthümliche Veränderung mit den hefeähnlichen Kügelchen vor sich. Dieselben werden unbeweglich, rücken durch Bildung dickerer Gallerthüllen weiter auseinander, vergrössern sich um das Doppelte bis Dreifache und nehmen dabei höchst unregelmässige polygonale Formen an. Sie gewinnen dadurch ein Ansehen, welches, wenn man von der fehlenden Färbung absieht, täuschend einer Colonie von *Chroococcus*[1]) ähnelt (vergl. Taf. XI. Fig. 10). Weiter als bis zur Bildung dieser *Chroococcus*ähnlichen Colonien habe ich die Entwickelung in der blauen Nährlösung nicht verfolgen können. — Während der nächsten 6—8 Tage scheinen weitere Veränderungen bedeutender Art nicht einzutreten. Zu bemerken wäre hier nur, dass eine Anzahl der Organismen, namentlich die am Rande eines Zellenhaufen liegenden Individuen, während dieser Zeit ihre polyedrische Gestalt verlieren und eine mehr längliche Gestalt, ja in manchen Fällen direct die Form eines kurzen Fadens von sehr wechselndem Kaliber annehmen. Ob diese Formen Uebergänge zu der weiter unten zu besprechenden darstellen, wage ich nicht zu entscheiden. Auf längere Zeit ist es mir trotz aller Vorsicht nie gelungen, die Entwickelung fremder Organismen in der benutzten Nährlösung (*Oidium, Penicillium,* verschiedene andere Bacterien, namentlich *Spirillum tenue*) zu verhindern.

Bei der Uebertragung der Hefeähnlichen Zellen, sowie der weiter ausgebildeten *Chroococcus*ähnlichen Formen auf Milch oder auf Cohn'sche Lösung treten, wie schon gesagt, wieder die beschriebenen Gonidien- oder Sporenbildenden Generationen auf. Die Hefeähnlichen Zellen werden durch einfaches Längenwachsthum zu Stäbchen. Die grösseren unregelmässigen Zellen der Algenähnlichen Form scheinen zunächst je nach ihrer Grösse in eine unbestimmte Anzahl kleinerer runder Zellen zu zerfallen, von denen dann erst die Entwickelung der Stäbchen ausgeht.

5. Zweifelhafte Form in Kali nitricum. *Leptothrix.*

Ehe ich die Beschreibung der mikroskopischen Untersuchung schliesse, muss ich kurz noch einer Form Erwähnung thun, deren genetischer Zusammenhang mit dem Bacterium der blauen Milch mir sehr wahrscheinlich ist, obwohl ich nicht im Stande war, aus dersel-

---

[1]) Vergl. Rabenhorst, Flora Europaea Algarum. Bd. II. Leipzig 1865. Fig. 2. auf pag. 3 — *Chroococcus virescens.*

ben wieder das ursprüngliche pigmentbildende Bacterium zu erhalten. Die Beobachtungen, welche ich über diese Form habe anstellen können, sind allerdings nur unvollständige; zu einer vollständigen Untersuchung fehlte mir die Zeit und der Beruf, da eine solche mich weiter auf das Gebiet rein botanischer Forschung verlockt hätte als dem Pathologen zusteht. — Ich würde mir unter diesen Verhältnissen nicht gestattet haben das lückenhafte Material anders als in einer beiläufigen Bemerkung zur Sprache zu bringen, wenn nicht von anderer Seite auffallend übereinstimmende Beobachtungen veröffentlicht wären. Billroth erwähnt, dass er bei Zusatz von Kali nitricum zu bacterienhaltigen Flüssigkeiten nicht constant, aber in einzelnen Fällen, eigenthümlich „gequollene" Bacterienformen von sehr wechselnder Gestalt erhalten habe (l. c. pag. 23 und Taf. IV Fig. 40.). Ich habe ganz analoge Formen constant erhalten, wenn ich Cohn'sche Flüssigkeit, in welcher sich die sporentragende Generation unseres Bacterium befand (ehe die Sporenbildung bedeutende Ausdehnung erreichte, also etwa 12—24 Stunden nach der Impfung) mit etwa $\frac{1}{3}$ ihres Volumens vorher gekochter concentrirter Lösung von Kali nitricum versetzte. — Es bilden sich dann durch eine Verlängerung des einzelnen Stäbchens (oder durch Copulation zweier?) längere Fäden, welche eine gewisse Aehnlichkeit mit *Leptothrix* haben, sich aber von der gewöhnlichen *Leptothrix* dadurch unterscheiden, dass sie ein sehr wechselndes Kaliber darbieten, unregelmässige knotige Anschwellungen besitzen. — Solche Fäden findet man am zweiten bis dritten Tage sehr reichlich. Jedoch wandeln sich nie alle schwärmenden Stäbchen in diese Form um, eine grosse Zahl bleibt unverändert, scheint aber keine Sporen mehr zu bilden. — Die Fäden sind an ihren Enden zugespitzt und hier oft deutlich gegliedert. Ausserdem aber zeigen dieselben ausser den erwähnten unregelmässigen Verdickungen in ihrem Verlauf meist ein, bisweilen mehrere kugelige Auftreibungen, die wohl als Gonidien zu deuten sind. Man bemerkt in vielen dieser Gebilde ein oder mehrere bis 4 kugelige Körperchen (Dauersporen?), und findet nach Ablauf von 4 bis 5 Tagen zahlreiche solcher Körperchen frei in der Flüssigkeit, namentlich am Rande des Gefässes. — Impft man Flüssigkeit, in welcher diese kugeligen Körper mit schwärmenden Stäbchen untermischt sind, auf Milch, so tritt Bläuung ein; impft man nur diese Körperchen (die man am Rande des Gefässes oft ganz frei von allen Beimengungen erhält), so erfolgt keine Bläuung. Die Körperchen vermehren sich in der Milch durch Sprossung wie Hefe, bis sie durch andere Bacterienformen überwuchert werden.

Dass diese Gebilde trotzdem mit dem Bacterium der blauen Milch zusammenhängen, glaube ich deshalb, weil ich sie ausnahmslos nach der oben angegebenen Methode erhielt, dagegen nie bei Zusatz von Kali nitricum zu anderer nicht, oder mit beliebigen anderen Bacterien geimpfter Cohn'scher Lösung. — Die Entwickelung tritt nur ein bei Zusatz zu Cohn'scher Lösung, welche schon schwärmende Stäbchen enthält. Impft man Gonidien auf die Mischung von Kali nitricum und Cohn'scher Lösung, so entwickeln sie sich nicht. — Kali nitricum zu blauer Milch zugefügt, giebt keine ähnliche Formen, sondern inhibirt den Process der Bläuung und führt ebenso wie Glycerin zu vorzeitiger Gonidienbildung. Soweit erstrecken sich meine Beobachtungen. —

Augenscheinlich ganz analoge Formen hat Cienkowsky[1]) in faulenden Vegetabilien, ohne Zusatz von Kali nitricum auftreten sehen, und steht nicht an, sie mit den beobachteten Bacterien in genetischen Zusammenhang zu bringen. Er erklärt die Fäden für *Leptothrix* (eine der 3 Mutterpflanzen, von denen nach seiner Ansicht alle Bacterien entstehen) und scheint die Auftreibungen als Gonidien anzusehen. Genauere Untersuchungen über das weitere Schicksal derselben hat er nicht angestellt. — Sowohl Billroth wie Cienkowsky haben die Formen nur zufällig erhalten; bei dem oben angegebenen Verfahren treten sie constant auf; meine Beobachtung dürfte danach wenigstens insofern einigen Werth haben, als sie eine Methode zur sicheren Gewinnung dieser theoretisch so interessanten Gebilde kennen lehrt. —

Schluss.

Aus der vorstehend beschriebenen Reihe von Untersuchungsresultaten über Lebensfunctionen und Entwickelungsformen einer einzelnen Bacterienart würde, selbst wenn die Beobachtung eine vollständige und lückenlose wäre, ein Urtheil über die Bacterienfrage im Allgemeinen nicht abgeleitet werden können. Dieselbe wird sich vielmehr in Bezug auf die allgemeinen Fragen nach der Natur und Wirksamkeit der Bacterien nur in der Weise verwerthen lassen, dass man sie mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen vergleicht, die Uebereinstimmungen und Abweichungen constatirt. — Die grosse Zahl der Untersucher über Bacterien hat sich in mehrere bedeutend von einander in der Deutung der gewonnenen Resultate abweichende Gruppen

[1]) Cienkowsky, Zur Morphologie der Bacterien. Memoires d. l'acad. d. sciences à St. Petersburg. VII. Serie. Bd. 25. 1877. Fig. 51—53.

getheilt. Diese Gruppen könnte man in eine Art fortlaufender Reihe ordnen, in welcher die Endglieder mit diametral entgegengesetzten Anschauungen durch eine Anzahl mehr vermittelnder Ansichten verbunden erscheinen. Auf der einen Seite dieser Reihe würde Cohn und die mit ihm übereinstimmenden Forscher [1]) stehen, welche die Existenz einer sehr grossen Zahl von einander getrennter Bacterien-Gattungen und -Species annehmen, deren Formen nicht in einander übergehen können, vielmehr jede für sich eine besondere Stellung im botanischen System beanspruchen können. — Den entgegengesetzten Standpunkt vertritt Naegeli (l. c. p. 20), welcher zu dem Resultat kommt: „ich habe seit 10 Jahren wohl Tausende von verschiedenen Spalthefeformen untersucht und ich könnte nicht behaupten, dass auch nur zur Trennung in 2 specifische Formen Nöthigung vorhanden sei." — Der Naegeli'schen Anschauung sehr nahe steht die von Lankester, welcher die verschiedenen roth gefärbten Organismen in fauligen Substanzen alle als Morphen einer einzigen Bacterienart auffasst und daraus den Schluss zieht, die Bacterien seien „a Protean species," welche regellos je nach dem Wechsel der äusseren Umstände die verschiedensten Formen annehmen könnte, ohne dass sich in diesen eine fortlaufende Entwickelungsreihe erkennen lasse (l. c. p. 412. The forms of a Protean species are a series of adaptations; the forms exhibited in the development of a species from its egg are a series of hereditary recapitulations — — —). Er glaubt dementsprechend, dass eine morphologische Eintheilung der Bacterien undurchführbar sei und nur als künstliches System einen bedingten Werth habe, während man bei dem natürlichen System sich auf gewisse charakteristische Merkmale, vornehmlich functioneller Natur, stützen müsse. — Ihm schliesst sich Warming [2]) nach seinen Untersuchungen rother Bacterien etc. aus der Nordsee an. — Der Cohn'schen Auffassung schon näher steht eine Anzahl weiterer Forscher, welche zwar auch die verschiedenen Bacterienformen für Zustände eines einzigen Organismus halten, dieselben jedoch nicht wie Lankester und Warming regellos je nach den äusseren Verhältnissen sich bilden lassen, sondern die Glieder einer regelmässig fortlaufenden Entwickelungsreihe in ihnen sehen. — Der Führer und Begründer dieser „Schule" ist Billroth, welcher zuerst sämmtliche Fäulnissorganismen als Vegetationsformen

---

[1]) Cohn, Schröter, Koch, Eidam u. A. (auch Brefeld?).

[2]) Warming Om nogle ved Danmark's Kyster levende Bacterier. Videnskabelige Meddelelser fra den naturhistoriske Forening i. Kjöbenhavn. 1875. p. 307—420.

einer Oscillarinee, der *Coccobacteria septica* auffasste. Namentlich aus medicinischen Kreisen haben sich zahlreiche Beobachter dieser Anschauung angeschlossen. — Analog ist auch die Ansicht Listers, welcher die Bacterienformen nicht von einer Algenart, sondern von einem Pilz *(Dematium fuscisporum)* ausgehen lässt. — Endlich wären hier als von den Cohn'schen Auffassungen im Princip nur wenig abweichend diejenigen Untersucher zu nennen, welche nicht alle Bacterien auf einen Organismus reduciren wollen, jedoch nur eine beschränkte Zahl von Organismen als Ausgangspunkte der mannigfach verschiedenen Formen gelten lassen. Namentlich Cienkowsky vertritt diesen Standpunkt; auch van Tieghem[1]) scheint sich einer ähnlichen Auffassung zuzuneigen. — Klebs könnte, obwohl er vorläufig nur 2 Gruppen von Bacterien anerkennt, die Microsporinen und die Monadinen, und also das Cohn'sche System als zu detaillirt verwirft, doch noch in gewisser Weise den mit Cohn übereinstimmenden Forschern angereiht werden, da er innerhalb seiner beiden Gruppen eine grössere Zahl scharf von einander getrennter Species annimmt. —

Welcher dieser verschiedenen Anschauungen würden die Resultate der vorstehenden Untersuchung sich anpassen lassen. — Wir haben gesehen, dass der Organismus aus der blauen Milch in 3 resp. 4 verschiedenen Formen auftritt, theils als Bacterium mit Bildung von Gonidienketten durch Theilung, theils als Bacillusähnliches Stäbchen mit complicirterer Sporenbildung, ausserdem in Form einer dem *Chroococcus* sehr ähnlichen Alge, deren ruhende Zellen aus einer schwärmenden Generation sich bilden, und endlich vielleicht noch in einer *Leptothrix*ähnlichen Form mit Bildung von Gonidien und Dauersporen. — Diese Thatsachen liefern zunächst den Beweis, dass die von Cohn aufgestellten Species und Gattungen insofern zu eng begrenzt sind, als ein Organismus in seinem Lebenscyclus verschiedene der als getrennt hingestellten Formen vereinigen kann. Damit ist natürlich nicht gesagt, dass etwas Aehnliches bei allen in den Cohn'schen Species eingeordneten Formen der Fall sein müsse. Der Uebergang der Hefeform von *Mucor racemosus* in Pilzrasen ist ja auch noch kein Beweis dafür, dass *Saccharomyces* eine ähnliche Umwandlung müsse durchmachen können. Ferner liegt aber in der von mir beobachteten Multiplicität der Form keineswegs, wie es zunächst scheinen könnte, eine Stütze für Billroth'sche oder Lister'sche An-

[1]) Ph. van Tieghem. Sur le Bacillus Amplobacter. Bullet. de la soc. bot. de France. Bd. 24. 1877.

schauungen. — Erstens ist von mir nie ein Uebergang aus einer Form in die andere beobachtet worden, so lange der Organismus auf dem gleichen Nährboden gezüchtet wurde; die Form blieb hier stets die gleiche, während doch nach Billroth allmählich höhere, d. h. andere Formen hätten auftreten müssen; zweitens beruht die Veränderung der Form auch bei der Uebertragung in ein anderes Medium nicht auf einer einfachen Umwandlung. — Jede einzelne Form repräsentirt vielmehr einen in sich abgeschlossenen Entwickelungscyclus, der von dem Keim ausgeht und wieder zu ihm zurückführt. Die einzelne Form selbst geht unter keinen Verhältnissen in die andere über, nur der Keim, das noch nicht differenzirte Gebilde vermag sich je nach den Verhältnissen in der einen oder anderen Richtung zu entwickeln.

Viel eher würde für unseren Fall der Ausspruch Lankesters zutreffend erscheinen, von dem Proteus-ähnlichen Organismus, dessen einzelne Erscheinungsformen eine Serie von Adaptationen vorstellen. Die Verhältnisse liegen in unserem Fall jedoch anders als Lankester sie sich bei seinem peach-coloured Bacterium denkt, da bei unserem Organismus die „Serie von Adaptationen" nicht etwa die regelmässige Wiederholung ererbter mütterlicher Eigenschaften ausschliesst, oder an die Stelle derselben tritt; die Adaptation äussert sich nicht in der beliebigen Annahme einer bestimmten einzelnen Form, sondern in dem Eintritt des Keimes in einen bestimmten Formencyclus, welchen die einzelnen Individuen und deren Nachkommen, so lange die äusseren Verhältnisse gleich bleiben, mit derselben Regelmässigkeit wiederholen müssen, wie wenn überhaupt nur diese eine Entwickelungsweise möglich wäre. — Wir werden demnach nicht ohne weiteres daran verzweifeln, unsern „Proteus" in dem System unterzubringen; wir sind vielmehr im Stande jeden einzelnen Entwickelungscyclus, in den er eintritt, anderen, ähnlichen im System anzureihen und so vorläufig der didactischen resp. mnemotechnischen Forderung der Uebersichtlichkeit zu genügen, — vorbehaltlich der späteren Vereinigung der so getrennten Formen in einem durch neue Erfahrungen weiter ausgebauten und verbesserten ähnlichen System. — — Freilich wird ein solches, welches das Band zwischen den einzelnen Lebenscyclen zur Anschauung bringt, erst eine genügende und vollständige Charakteristik der betreffenden Arten geben können, denn es werden unter den verschiedenen Erscheinungsformen wohl bei jedem zu den Schizophyten gehörigen Organismus einige sein, welche an und

für sich gar nichts morphologisch-charakteristisches darbieten, wie z. B. in unserem Fall die Bacteriengeneration in der blauen Milch. — Ich habe schon bei Beschreibung derselben darauf aufmerksam gemacht, dass diese Generation in keinem einzigen Stadium ihrer Entwickelung morphologisch unterschieden ist von anderen in der Milch wuchernden Bacterienformen, und ich halte diese Thatsache keineswegs für besonders wunderbar oder der Deutung unzugänglich. Bei den, soweit wir wissen, ganz homogenen, organisationslosen Körpern der Bacterien bildet die Form und die mit ihr wechselnde Beschaffenheit der Körper-Oberfläche das hauptsächlich (wenn nicht allein) Variable, das Einzige, wodurch sie ihren Stoffwechsel nach den äusseren Umständen reguliren können, da wir nach den Reactionen annehmen dürfen, dass die chemische Beschaffenheit des Körpers bei allen Generationen desselben Organismus nahezu die gleiche ist. Es wird auch bei verschiedenen Organismen eine grosse Aehnlichkeit der chemischen Beschaffenheit angenommen werden dürfen, und unter dieser Voraussetzung erscheint es selbstverständlich, dass die Generationen solcher verschiedenen Organismen den gleichen äusseren Bedingungen durch Annahme gleicher Formen sich adaptiren. Es scheint mir, dass hierdurch die auffallende Aehnlichkeit verschiedener Bacterienformen (im weitesten Sinn), so lange sie in denselben Medien verweilen, ihre ungezwungene Erklärung findet.

Zum Schluss noch einige Bemerkungen betreffs der biologischen Verhältnisse unseres Organismus. Es ist von verschiedenen Seiten die Ansicht ausgesprochen worden, dass dieselbe Function durch ähnliche Formen verschiedener Organismen ausgeübt werden könne, dass also eine und dieselbe Gährung durch Bacteriengenerationen sehr verschiedener Abstammung bedingt sein könne, und umgekehrt, dass derselbe Organismus in seinen verschiedenen Generationen sehr verschiedene Gährungsprocesse einleiten könne. Gegen eine solche Anschauung ist aus theoretischen Gründen nichts einzuwenden, es lässt sich vielmehr manches dafür anführen, wenngleich ein sicherer Beweis für dieselbe bisher nicht erbracht ist. Aus den Beobachtungen über das Bacterium der blauen Milch könnte man den Schluss ziehen, dass hier noch ein anderer, bisher nicht für wahrscheinlich angesehener Fall einträte, dass nämlich zwei verschiedene Generationen desselben Organismus die gleichen Functionen ausübten. Wäre dieser Fall wirklich möglich, so würde dadurch natürlich eine fast unüberwindliche Schwierigkeit für die morphologische Identificirung des

betreffenden Organismus gegeben sein. Ich glaube jedoch behaupten zu können, dass die Ableitung eines solchen Schlusses aus den Beobachtungen in unserem Fall nicht berechtigt ist. Es wird allerdings sowohl von der Algenähnlichen Generation wie von der Bacterien-Generation aus der Milchsäure resp. aus Ammon. lacticum blaues Pigment gebildet; trotzdem ist die Function der beiden Formen nicht die gleiche, vielmehr bei der Bacterienform bei weitem complicirter wie bei der ersteren. — Es ist wohl jetzt allgemein anerkannt, dass die Säuerung der Milch auf der Fermentwirkung von Mikroorganismen beruht, und zwar wahrscheinlich Organismen sehr verschiedener Abstammung. (Vergl. Hoppe-Seyler Physiologische Chemie I. p. 120.) In der blauen Milch sind, wie die Impfungen auf andere Medien beweisen, keine anderen Organismen enthalten als die pigmentbildenden; man wird also, da hier vor und mit der Pigmentbildung Säurebildung eintritt, annehmen müssen, dass diese Organismen selbst das dazu nöthige Ferment liefern[1]). In der Milch würden also die Bacterien nicht nur den Farbstoff zu produciren haben, sondern die hierzu nöthigen Ingredienzien der Milchsäure und des Ammoniak sich aus dem Milchzucker resp. dem Caseïn zu präpariren haben. In der Nährlösung werden dem Organismus diese Ingredienzien fertig geboten, er übt hier nur die einfachere Function der Umwandlung derselben in Farbstoff und belebte Materie[2]). Die Pflanze wird, falls unsere Untersuchungen richtig sind, diese differenten Functionen gar nicht in einer gleichen Generationsform ausführen können, und die Beobachtung bestätigt diese theoretische Folgerung. — In der Milch wächst das Gonidium resp. die Spore zu der complicirteren Form des schwärmenden Stäbchens aus, in der blauen Nährlösung quillt es nur zum einfachen Kügelchen auf. — In beiden Fällen, wo die charakteristische Function geübt wird, haben wir es mit einfachen Generationsformen unseres Organismus zu thun, welche nur durch Abschnürung sich vermehren. Wo wir die durch complicirtere Vermehrungserscheinungen charakterisirten und deshalb für

[1]) Ein Beweis für diese Annahme scheint mir auch in der Erfolglosigkeit der Impfung von blauer Milch auf saure Milch gegeben zu sein. In der sauren Milch haben eben schon andere Bacterienformen unserm Organismus einen Theil seiner Functionen vorweggenommen, und den Nährboden so überwuchert, dass er nicht gegen sie aufkommen kann.

[2]) Zugesetzter Milchzucker bleibt in der blauen Nährlösung unverändert. Es findet hier also, auch wenn Material vorhanden ist, keine Milchsäurebildung statt, weil die vorhandene Generationsform zur Ausübung dieser Function neben der Pigmentbildung nicht befähigt ist.

die morphologische Bestimmung wichtigeren Formen auftreten sehen, da fehlt die charakteristische Fermentwirkung. Diese Thatsache ist aus dem Grunde bemerkenswerth, weil sich in ihr ein wahrscheinlich für die ganze Klasse der *Bacteriaceen* gültiges Gesetz ausspricht, welches namentlich in Bezug auf die pathogenen Formen durch manche Beobachtungen schon bestätigt worden ist, und sich etwa so formuliren liesse, dass diejenigen Entwickelungszustände, oder richtiger Generationsreihen, welche uns durch eigenthümliche fermentative Wirkungen auffällig werden, morphologisch am wenigsten charakteristisch sind, — dass die ihnen entsprechenden morphologisch charakteristischen Generationsreihen sich nicht in demselben Medium und unter denselben Verhältnissen entwickeln wie die fermentativ wirksamen, sondern nur in anderen Medien und ohne Fermentwirkung. Wir werden demnach die morphologisch charakteristischen Formen der pathogenen Bacterien nicht im Thierkörper, und am wenigsten im erkrankten Thierkörper suchen dürfen, sondern nur in Züchtungen des dem kranken Thierkörper entnommenen Materials in anderen Medien. —

Rostock, Februar 1880.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel XI.

Fig. 1. Schwärmende Bacterien aus der blauen Milch. Vergl. p. 225.

Fig. 2. Ruhende Bacterien mit starker Gallerthülle aus blauer Milch. Vergl. p. 230.

Fig. 3. Schwärmende Bacterien späterer Generation, Gonidienketten und freie Gonidien aus blauer Milch. Vergl. p. 226.

Fig. 4. Vorzeitige Gonidienbildung bei mangelnder Nahrung. Vergl. p. 228.

Fig. 5. u. 6. Sporentragende Stäbchen aus Cohn'scher Nährlösung. Fig. 5. erstes, Fig. 6. zweites Stadium und freie Sporen. Vergl. p. 232.

Fig. 7. Auskeimende Sporen und zweite sporentragende Generation aus Cohn'scher Lösung. Vergl. p. 233.

Fig. 8. Gestörte Formen aus Cohn'scher Lösung. Vergl. p. 235.

Fig. 9. Schwärmende kugelförmige Zellen aus blauer Nährlösung. Vergl. p. 237.

Fig. 10. *Chroococcus*form aus blauer Nährlösung. Vergl. p. 238.

Fig. 11. Formen in Cohn'scher Lösung und Kali nitricum (*Leptothrix* mit Gonidien?). Vergl. p. 239.

Sämmtliche Figuren sind von Herrn Professor Albert Thierfelder, welchem ich für seine liebenswürdige Unterstützung zu grossem Dank verpflichtet bin, nach gefärbten Präparaten gezeichnet. Die Vergrösserung ist ca. $\frac{650}{1}$.



Chemisch-botanische Studien über die in den Flechten vorkommenden Flechtensäuren.

Von

Dr. Frank Schwarz in **Graz.**

Wenn die Versuche Nylander's, Leigthon's, Th. Fries' und Anderer, zum Erkennen gewisser Flechtenspecies chemische Reactionen heranzuziehen, bei den Lichenologen bisher nur eine sehr getheilte Anerkennung gefunden haben, so erscheint dies nicht ganz ungerechtfertigt. Jene Autoren beschränkten sich im wesentlichen auf zwei Reagentien, nämlich Chlorkalklösung und Kalilauge, und sie liessen sich an dem Roth- oder Gelbwerden der Flechten, resp. an dem Nichteintreten dieser Reaktionen genügen, ohne auf die Ursache derselben — die einzelnen Flechtensäuren — Rücksicht zu nehmen. An welchen Theilen, ob in der Rinde oder dem Marke, die fraglichen Säuren vorkommen, ist für die Speciesbestimmung nahezu gleichgültig, während die Frage, welche Säure überhaupt vorliegt, grössere Bedeutung in Anspruch nimmt. Nur in einzelnen Fällen kann man die Säure *in loco,* d. h. durch Aufsetzen eines Tropfens Reagens auf die Flechte erkennen. Meistens wird man genöthigt sein auf makrochemischem Wege nach der Säure zu suchen, sie aus älteren wie aus jüngeren Theilen der Flechte zu lösen und darauf erst die Reagentien wirken zu lassen. Bei der nicht unbeträchtlichen Anzahl von mindestens 10 wohlcharakterisirten Flechtensäuren ist der Nachweis durch nur zwei Reagentien begreiflicher Weise ungenügend.

Es dürfte der Versuch, die Darstellung der Flechtensäuren, ihre hauptsächlichsten Eigenschaften, endlich die charakteristischen Reactionen derselben zum Gebrauch der Botaniker zusammenzustellen,

nicht ganz ohne Werth sein. Die Form des Vorkommens, sowie die physiologische Bedeutung der Säuren im Flechtenorganismus wird hier nur kurz berührt und muss die weitere Ausführung (sowie der Abschnitt über Vulpin und Cetrarsäure) einer späteren Fortsetzung dieser Arbeit vorbehalten werden.

1. Chrysophansäure $C_{15}\ H_{10}\ O_4$[1]).

Diese Säure nimmt unter den übrigen Flechtensäuren eine einigermassen isolirte Stellung ein, nicht allein dadurch, dass sie der Anthracenreihe angehört, während die anderen sich den Benzolderivaten anschliessen, sondern auch dadurch, dass sie nicht bloss in den Flechten, sondern auch in Theilen höher stehender Pflanzen, so in der Wurzel von *Rheum* und nach Peckolt in der Rinde von *Cassia bijuga* vorkommt. Die Hauptquelle derselben, aus der man sie leicht verhältnissmässig rein darstellen kann, ist die bekannte *Physcia parietina.*

Die älteren Methoden der Darstellung, das Ausziehen mit Aether oder Schwefelkohlenstoff und das Verdampfen zur Krystallisation oder die Behandlung mit mässiger oder schwach alkalischer Kalilösung und Fällung durch Säure bieten wesentliche Unbequemlichkeiten. Im ersteren Falle löst man mit der Säure Antheile von Chlorophyll und Fettsubstanz; im zweiten Falle gehen durch das Kali auch grosse Mengen von Protoplasmaschleim mit in Lösung und werden gleichzeitig mit der Säure gefällt. In der Combination beider Arten von Lösungsmitteln fand ich eine glückliche Behebung der Schwierigkeit. Ich extrahirte die zerkleinerte Flechte wiederholt mit Benzol oder dem billigeren Ligroin (leichtem Petroleumäther) und schüttelte die erhaltene gelbe Lösung mit sehr verdünnter Kalilauge, so lange diese sich roth färbte[2]). Die so erhaltene wässerige Lösung von chrysophansaurem Kali wurde beim Sättigen durch Salzsäure stark gelb gefällt, der Niederschlag (von Chrysophansäure) abfiltrirt, ausgewaschen und getrocknet und endlich aus

[1]) Carl Liebermann und Otto Fischer, Berichte der chem. Gesellschaft 1875 p. 1102, substituirten diese Formel der älteren $C_{14}\ H_8\ O_4$, wonach die Säure eine Isomere des Alizarins bildete, während sie jetzt ein Methylderivat derselben darstellt.

[2]) Das nach dem Schütteln mit Kali immer noch etwas gelbliche Benzol setzt beim Abdestilliren und Stehenlassen des Restes wawellitartig gruppirte farblose Nadeln ab, die sich auch in alkoholischem Kali unlöslich zeigen und dasselbe nicht im mindesten färben. Die erhaltene minimale Menge verbot eine eingehendere Untersuchung.

heissem Benzol oder heissem Alkohol umkrystallisirt. In erstem Falle erscheint die reine Chrysophansäure in goldgelben Blättchen, im anderen Falle in orangegelben Nädelchen. Beide Arten liessen sich bei vorsichtigem Erhitzen unverändert sublimiren.

Die Chrysophansäure ist in reinem Wasser nur sehr unbedeutend löslich, was sowohl dem Verhalten vieler Anthracenderivate, als vor allem dem der Flechtensäuren entspricht. Sehr leicht ist sie dagegen in freien, schlechter in kohlensauren Alkalien und Aetzammoniak löslich und zwar stets mit einer charakteristischen purpurrothen Färbung, die bei keiner anderen Flechtensäure auftritt. Diese leichte Löslichkeit der rothen Alkaliverbinduug verhindert indessen die mikroskopische Nachweisung der einzelnen Säurekörnchen in Schnitten der Flechte, indem sich um dieselben bei Anwendung von Alkali rothe Wolken bilden oder auch dichtere Plasmaklümpchen davon roth tingirt werden. Es ist ein glücklicher Umstand für mikroskopische Nachweisung, dass die Verbindungen der Chrysophansäure mit alkalischen Erden, wie Kalk, Baryt, Strontium, zwar ebenfalls rothgefärbt, aber unlöslich sind. Vor allen anderen Reagentien haben daher Kalk und Barytwasser den Vorzug. Lässt man Chrysophansäurekrystalle 1—2 Tage in Kalk oder Barytwasser liegen, so nehmen sie eine intensiv purpurrothe Färbung an, ohne ihre Krystallform dabei einzubüssen, ja selbst ohne ihre doppelte Brechung unter dem Polarisationsmikroskope zu verlieren. Unter dem Deckglas zerriebene Krystalle werden fast momentan roth; eine Ausscheidung von Kalkcarbonat an der Oberfläche findet nicht statt, wie dies ebenfalls das Mikroskop erkennen lässt. Kohlensaures Ammoniak lässt die Chrysophansäure unverändert und wird sie sehr leicht von dem im Rhabarber neben ihr vorkommenden Emodin (C_{15} H_{10} O_5) unterschieden, das sich in Ammoniumcarbonat mit rother Farbe löst. Da nun bei dem Behandeln der *Physcia* selbst mit erwärmten Ammoniumcarbonat nicht die geringste Rothfärbung beobachtet wurde, ist wohl die Abwesenheit des Emodins constatirt.

Weniger wichtig und charakteristisch sind folgende Reaktionen der Chrysophansäure, die ich daher nur kurz erwähnen will. Concentrirte Salpetersäure wirkt erst beim Kochen ein und verwandelt die Säure in Trinitrochrysophansäure (C_{15} H_6 $4(NO_2)$ O_4), welche beim Zusatz von Wasser als ein orangerothes Pulver herausfällt. Durch vorsichtigen Zusatz von Aetzammon entsteht eine violette Färbung. In concentrirter Schwefelsäure löst sich die Chrysophansäure mit rother Farbe, wird aber durch Wasser unverändert gefällt. Salzsäure wirkt nicht ein. Eisenchlorid erzeugt in der alko-

holischen Lösung eine bräunliche Färbung; andere Metallchloride zeigen keine charakteristische Reaktion. Durch Zutreten von Bromdämpfen verwandelt sich die Chrysophansäure in Tetrabromchrysophansäure, die sich im Aussehen wenig von der unveränderten Säure unterscheidet, indessen in Alkohol und concentrirter Essigsäure weniger löslich ist. Lässt man daher zu einer mässig concentrirten alkoholischen Lösung Bromdämpfe zutreten, so fällt ein gelber Niederschlag, der aber bei Alkoholüberschuss erst durch Zusatz von Wasser auftritt. Durch Alkali wird die bromirte Chrysophansäure braun gefärbt, ohne sich indessen in grösserer Menge zu lösen. Wenn ich endlich noch erwähne, dass schwach ammoniakalisches Silbernitrat und mit Soda neutralisirte Goldchloridlösung durch die Chrysophansäure besonders bei gelindem Erwärmen reduzirt wird, so habe ich damit die für den Botaniker wichtigen Reaktionen der Chrysophansäure nahezu erschöpft. Die Behandlung mit Kalkwasser ist zur praktischen Erkennung am meisten maassgebend.

2. Lecanorsäure $C_{16} H_{14} O_7$ und
3. Erythrinsäure $C_{20} H_{22} O_{10}$.

Diese beiden unter allen Flechtensäuren am vollständigsten untersuchten Säuren lassen sich am besten gemeinsam behandeln, da sie sowohl chemisch mit einander verwandt sind, als auch viele Eigenschaften mit einander gemeinsam haben, und die letztere sich nur durch das Eintreten eines den Alkoholen verwandten Körpers, des Erythrits, von der ersteren unterscheidet, wie z. B. Quercitrin von Quercetin. Constitutionsformeln, die Art der Zersetzung in Orsellinsäure, Orcin u. s. w. finden sich in jedem Lehrbuche der organischen Chemie und können daher hier übergangen werden. Das Orcin, ein Bioxytoluol und damit ein Glied der Benzolreihe, das aus beiden Säuren leicht entsteht, und für sich ebenso wie die beiden Säuren farblos ist, giebt durch Ammoniak und Sauerstoff das intensiv roth gefärbte Orcein und bildet dadurch den Ausgangspunkt für die aus *Roccella, Lecanora* etc. im Grossen dargestellten Farbstoffe der Orseille, des Lakmus u. s. w., die wenn auch beschränkt in der Färberei Anwendung finden.

Von allen Methoden zur Gewinnung obengenannter Säuren ist das Extrahiren mit dünner Kalkmilch am meisten zu empfehlen. Wenn man die zerschnittenen Flechten mit Kalkmilch zusammenrührt, kurze Zeit maceriren lässt, auspresst und die klare Lösung unmittelbar in verdünnte Salzsäure fliessen lässt, wird man wenig von Zersetzungsprodukten, Schleim- oder Chlorophyllbeimengungen belästigt. Zur

weiteren Reinigung des weisslichen ziemlich voluminösen Niederschlages wird derselbe abfiltrirt, ausgewaschen, getrocknet und in heissem Alkohol umkrystallisirt. Ich habe es vortheilhafter gefunden, dem Alkohol Holzgeist zu substituiren, weil die Bildung des Methyläthers beim Holzgeist in viel geringerem Grade als die beim Kochen sonst leicht eintretende Bildung des Aethyläthers zu fürchten ist. Da sich die Erythrinsäure im Holzgeist leichter als die Lecanorsäure löst, so kann man zu ihrer Gewinnung die Flechte direkt mit Holzgeist ausziehen, und kann ich diese Methode aufs beste empfehlen, während die Anwendung des heissen Alkohols, des heissen Wassers oder des Ammoniaks nur sehr ungenügende Resultate ergiebt.

In reinem Zustande stellen beide Säuren farblose, kurze feine Nadeln dar, die häufig sternförmig verwachsen sind. Der direkte Niederschlag aus der Kalklösung erscheint unter dem Mikroskop als kleine runde Kügelchen. Im polarisirten Lichte zeigen die Krystalle bei gekreuzten Nicols ein schönes Farbenspiel, sind daher doppelbrechend.

Die bisher bekannteste Reaktion auf diese Säure war die mit Chlorkalklösung, wodurch die Säuren (durch den freien Kalk) gelöst und durch die unterchlorige Säure roth gefärbt werden. Diese Farbe geht indessen binnen kurzem in braun und gelb über. Durch überschüssigen Chlorkalk tritt gänzliche Entfärbung ein. Bequemer fast ist die Anwendung von unterchlorigsaurem Natron, das man in ziemlichem Ueberschuss zu einer Lösung der Säuren in wenig Alkali zusetzt. Unmittelbar auf der Flechte ist die Reaktion ungenau, da andere Stoffe das Chlor binden können; besser ist es eine mit wenig Kalkmilch erhaltene filtrirte Lösung mit Chlorkalk zu versetzen. Selbst eine alkoholische Lösung zeigt, und zwar sehr schön die Rothfärbung durch die unterchlorigsauren Salze. Eine weitere Reaktion ist die Dunkelfärbung beider Säuren durch länger dauernde Einwirkung von Ammoniak (und Luft). An der Flechte selbst ist die Reaktion unsicher, da auch andere, nicht zu den Flechtensäuren gehörigen Stoffe eine ähnliche Färbung hervorrufen können. Ein Versuch, die Säurekörnchen in loco ohne Formveränderung dadurch zu färben, dass ich die Flechte in einem Reagensrohr über concentrirtem Aetzammoniak aufhing, misslang insofern, als die Körnchen sich lösten und die umgebenden Membranen dunkel färbten. Wendete ich trocknes Ammoniakgas an, so blieben freilich die Körnchen erhalten, es trat aber auch nach längerer Zeit keine Färbung ein.

Aeusserst charakteristisch und empfindlich ist eine Reaktion, die ich der vor kurzem in den Berichten der deutschen chem. Gesellschaft

Band 13. Heft 3 erschienenen Arbeit meines Vaters, Dr. H. Schwarz, „über einige neue Farbstoffe aus Orcin“ entnehme. Dieselbe beruht darauf, dass Orcin (und ebenso die Orcin bei ihrer Zersetzung liefernden Flechtensäuren) beim Erwärmen mit Chloroform und Aetzalkalien einen Farbstoff, das Homofluorescein ergiebt, dessen alkalische Lösung mit rothgelber Farbe durchsichtig ist, während im auffallenden Lichte eine schöne gelb-grüne Fluorescenz auftritt, wenn selbst nur sehr geringe Mengen des neuen Körpers vorhanden sind. Um die Reaktion hervorzurufen, erwärmt man die abgeschiedenen Flechtensäuren oder ein Stückchen der Flechte mit verdünnter Kali- oder Natronlauge, bildet dadurch Orcin, das nun bei Zusatz eines Tropfens Chloroform und länger fortgesetztem Erwärmen im Wasserbade den Farbstoff und damit die charakteristische Fluorescenz ergiebt. Letztere tritt beim weiteren Verdünnen mit destillirtem Wasser am deutlichsten hervor. Noch empfindlicher ist die Reaktion, wenn man zuerst die Flechte (einige Aestchen genügen) mit Alkohol auszieht und diesen Auszug mit wenig Chloroform und Aetzalkali erwärmt.

Auch die Reaktion mit Eisenchlorid ist zu empfehlen. Fügt man dem alkoholischen Auszug der Flechten einige Tropfen verdünnter Eisenchloridlösung zu, so tritt eine braun-violette Färbung ein. Man hüte sich vor einem Ueberschuss des Reagens, indem sonst die Farbe ins Rothbraune umschlägt. Durch Wasserzusatz entsteht ein violetter Niederschlag, wohl theilweise aus unveränderter Flechtensäure bestehend, da diese in verdünntem Alkohol nur wenig löslich ist.

Bis hierher zeigen sich Erythrin- und Lecanorsäure ziemlich identisch. Ein Unterscheidungsmittel beider bietet das Verhalten gegen Essigsäure. In dieser ist nur Erythrinsäure löslich, die Lecanorsäure nicht. Treten daher die Reaktionen, welche eben angegeben, vor allem die mit Eisenchlorid in der essigsauren Lösung ein, so sind wir berechtigt auf Erythrinsäure zu schliessen. Am besten löst man in wenig Ammoniak, setzt einen Ueberschuss von Essigsäure zu und kocht. Lecanorsäure bleibt ungelöst, Erythrinsäure löst sich dagegen auf. Erstere ist auch unlöslich in kohlensaurem Ammoniak, fällt daher heraus, wenn man die ammoniakalische Lösung mit Kohlensäure übersättigt, während die Erythrinsäure gelöst bleibt und erst nach dem Uebersättigen mit Salzsäure herausfällt. Heeren's Methode, die Säure in Barytwasser zu lösen und dann Kohlensäure einzuleiten, wobei die Erythrinsäure mit dem kohlensauren Baryt falle, während die Lecanorsäure aus dem Filtrat erst durch Salz-

säure ausgeschieden werde, fand ich ungenau. Auch die Lecanorsäure findet sich in dem Niederschlage des Barytcarbonat's. Man kann sie davon trennen, entweder indem man den Niederschlag mit Alkohol auszieht oder den kohlensauren Baryt mit verdünnter Salzsäure löst. Wenn das Filtrat von kohlensaurem Baryt durch Salzsäure noch eine geringe Trübung ergiebt, so rührt dies wahrscheinlich von gebildeten Zersetzungsprodukten, z. B. Orsellinsäure her.

Einen ferneren Unterschied ergiebt die Behandlung der Säuren mit einer Lösung von Brom in Barytwasser (unterbromigsaurer Baryt). Bei Erythrinsäure wird die Flüssigkeit sogleich gelb, bei Lecanorsäure wird sie wenigstens in der Kälte nicht gefärbt.

Ein Versuch, ob die Erythrinsäure durch den darin enthaltenen Erythrit reduzirend auf alkalische Kupferoxydlösung wirke, gab ein negatives Resultat.

Zur Erkennung beider Säuren in der Flechte genügt es zuerst durch die Chloroform-Kali-Reaktion die Anwesenheit der Orcin bildenden Flechtensäuren im Allgemeinen zu constatiren. Auch die Chlorkalkreaktion ist maassgebend. Zur Unterscheidung derselben digeriren wir die Flechte mit Ammoniak, filtriren und setzen Essigsäure im Ueberschuss zu; bleibt dann der entstehende Niederschlag auch beim Erwärmen ungelöst, so ist sicher Lecanorsäure, verschwindet er, Erythrinsäure vorhanden. Auch ein Kochen der Flechte mit verdünntem Eisenchlorid bietet einen Anhalt, indem die Lösung bei Gegenwart von nur Lecanorsäure rothgelb, bei Gegenwart von Erythrinsäure braun erscheint[1]). — Salpetersäure, Schwefelsäure, Salzsäure und Brom geben keine unterscheidenden und nicht einmal generelle Reaktionen. Die erstere löst bei concentrirtem Zustande beide Flechtensäuren schon in der Kälte, während verdünnte Säure Erwärmen fordert. Concentrirte Schwefelsäure löst sie und schwärzt sie beim Erwärmen.

Eine weitere Gruppe untereinander verwandter Flechtensäuren bilden die Usninsäure, Carbonusninsäure, Cladoninsäure (β Usninsäure) und Evernsäure. Von diesen sind nur Usninsäure nnd Evernsäure vollständig beglaubigt; ich werde daher nur diese Säuren einer näheren Besprechung unterziehen und die Frage in Beziehung auf die übrigen vorläufig noch offen lassen.

---

[1]) Bei der Lösung der Säuren in Alkohol reagiren beide gleich auf Eisenchlorid, beim direkten Kochen der trockenen Säure dagegen mit letzterem Reagens färbt sich die Flüssigkeit bei Erythrinsäure rasch dunkel, während sie bei Lecanorsäure ihre Farbe nur wenig ändert.

4. Usninsäure $C_{18} H_{18} O_7$.

Die angegebene Formel konnte bisher noch nicht durch die Analyse der Salze und der Derivate über allen Zweifel festgestellt werden. Die Angabe von Stenhouse, dass daraus durch Erwärmen mit Kali β-Orcin (Methylorcin) entstehe, wurde vom Autor selbst zurückgenommen. Salkowski[1]) will durch Schmelzen der Säure mit Kali eine Säure von der Formel $C_9 H_{10} O_4$ (Everninsäure?) erhalten haben, die sich nach der Gleichung $C_{18} H_{18} O_7 + H_2O = 2 (C_9 H_{10} O_4)$ bilde.

Zur Darstellung der Säure in kleinerem Maassstabe genügt es die zerkleinerte Flechte mit Alkohol auszukochen. Aus dem Filtrat fällt beim Erkalten viel Usninsäure in schönen hellgelben Kryställchen heraus, der Rest der Säure, den man durch Abdestillation des Alkohols oder durch Zusatz von Wasser erhält, ist unrein und schwer zu reinigen. Bei der Darstellung grösserer Mengen kann man die Säure auch der Flechte durch kalte Kalkmilch oder verdünntes Natriumcarbonat entziehen, das Filtrat mit Salzsäure fällen und aus dem getrockneten Niederschlage die reine Säure durch Ausziehen mit warmen Aether gewinnen. Stenhouse behauptet, die Säure bilde bei längerem Kochen mit Kalk eine in Wasser unlösliche Verbindung, der die Usninsäure durch Aether entzogen werde. Käme in einer Flechte neben der Usninsäure auch Evernsäure vor (wie dies bei der *Evernia prunastri* wirklich der Fall ist), so werde letztere durch dieses Kochen mit Kalk zersetzt und so eliminirt.

Im reinen Zustande bildet die Usninsäure hellschwefelgelbe Nadeln, die bei 200° C. schmelzen. Unter dem Polarisationsmikroskope zeigen sie ein schönes Farbenspiel. Von Wasser werden sie nicht benetzt; in kaltem Alkohol sind sie sehr wenig, im kochenden immer noch schwierig löslich. Von Aether werden sie leicht aufgenommen, gar nicht aber von Benzol und Ligroin.

Die Kali-Chloroformreaktion tritt bei der Usninsäure in keinem Falle ein, wenn man sie auch vorher mit Kali kocht oder sie sogar damit zusammenschmilzt und durch Lösen der Schmelze in Wasser, Uebersättigen mit Säure und Ausschütteln mit Aether das etwa gebildete Orcin zu concentriren sucht. Es wird hierdurch eine scharfe Grenze zwischen der Usninsäure einerseits, der Lecanor- und Erythrinsäure andererseits gezogen. Einen gleichen Fundamentalunterschied bietet die Chlorkalkreaktion. Die Usninsäure färbt sich dadurch nicht roth, sondern gelb, was indessen wohl nur auf die alkalische Reaktion des Chlorkalks zurückzuführen ist, ebenso wie

---

[1]) Bericht der deutschen chem. Gesellsch. 1875, p. 1460.

bei der Chrysophansäure, die nur durch den freien Kalk im Chlorkalk eine rothe Färbung annimmt. Eisenchlorid färbt eine alkoholische Lösung roth, doch wenig intensiv und charakteristisch, was wohl zum Theil auf die geringe Löslichkeit der Usninsäure in Alkohol zurückzuführen ist. Man thut am besten die Flechte mit Aether auszuziehen, dem Filtrat starken Alkohol und dann erst Eisenchlorid zuzusetzen.

Fälle ich die alkoholische roth gefärbte Lösung durch Wasserzusatz, so fällt die Säure als hellrother Niederschlag heraus.

In concentrirter Schwefelsäure löst sich die Usninsäure mit gelber Farbe, wie es scheint unverändert. Durch Wasserzusatz fallen gelblich weisse Flocken heraus, die sich beim Erwärmen zuzammenziehen und dabei die ursprünglich lebhaft gelbe Farbe annehmen. Salpetersäure wirkt selbst beim Kochen nur wenig ein, zur Schwefelsäurelösung zugesetzt hellt sie dieselbe auf.

Eigenthümlich ist das Verhalten zu Ammoniak. Durch wenig Ammoniak giebt die gelbe Säure ein farbloses saures Salz. Man erhält dasselbe, indem man die Säure mit Ammoniak räuchert, d. h. über wässrigem Ammoniak unter einer Glocke auf einem Uhrgläschen stehen lässt. Wenn man dieses farblose Salz mittelst verdünntem Ammoniak oder Ammoniumcarbonatlösung darstellen will, so ist wenigstens eine Erwärmung der Flüssigkeit zu vermeiden, da sich die Säure sonst mit gelber Farbe löst. Das farblose Salz ist übrigens ebenfalls in Wasser löslich.

Aus einer möglichst neutralen Lösung der Säure in wenig Alkali wird durch Kupfersalze ein grüner, durch Nickelsalze ein gelbgrüner, durch Kobaltsalze ein braunrother Niederschlag gefällt.

Die Lösungen der Säure in kaltem kaustischem und kochendem kohlensauren Alkali sind stets gelb gefärbt, eine Eigenschaft, die sie leider auch mit der Evernsäure, Cetrarsäure, Vulpinsäure (zum Theil) gemeinsam hat, und die in gewissem Grade auch bei Lecanor- und Erythrinsäure eintritt, besonders wenn die alkalische Lösung eine Zeitlang mit Luft in Berührung steht. Dass auch die Carbonate der Alkalien auf die Usninsäure wirken, macht einen freilich nicht allzu charakteristischen Unterschied zwischen ihr und der Vulpinsäure aus, die in Alkalicarbonaten nicht löslich ist.

5. Evernsäure $C_{17} H_{16} O_7$.

Dieses niedere, um CH_2 verschiedene Homologon der Usninsäure, gleicht derselben in vielen Beziehungen, weshalb ich auch bei ihr in vielen Punkten auf Reaktionen der Usninsäure verweisen kann.

Die angegebene Formel stützt sich auf die Zersetzung der Säure durch Kochen mit Kalkmilch, wobei sie nach der Gleichung

$$C_{17} H_{16} O_7 + H_2O = C_9 H_{10} O_4 + C_7 H_8 O_2 + CO_2$$

in Everninsäure, Orcin und Kohlensäure zerfällt. Es ist zu dieser Zersetzung ein längeres Kochen als bei Lecanor- und Erythrinsäure erforderlich. Das früher behauptete weitere Zerfallen der Everninsäure, wobei sich Orsellinsäure $C_8 H_8 O_4$ resp. Orcin bilde, ist neuerdings widerrufen worden. Durch Wasseraufnahme musste gleichzeitig CH_4O Methylalkohol entstehen.

Zur Darstellung wird *Evernia prunastri* mit heissem Alkohol behandelt. Man erleichtert sich die Arbeit und vermehrt die Ausbeute, wenn man durch Abreiben der Flechte auf einem groben Siebe die äussersten Theile als Siebdurchfall gewinnt und nur diese in Arbeit nimmt. Zum Umkrystallisiren der aus dem Alkohol gewonnenen grünweissen Masse ist Aether zu empfehlen, aus dem man viel schönere Krystalle als aus dem Alkohol enthält. Wenn man die Behandlung mit Kalkmilch wählt, kann die etwa vorhandene Usninsäure mit in Lösung gehen. Der durch Salzsäure erhaltene Niederschlag muss dann mit wenig kochendem Alkohol behandelt werden, wodurch die leichter lösliche Evernsäure in's Filtrat, die Usninsäure in den Rückstand kommt. Ein direktes Ausziehen der abgeriebenen Flechtentheile mit Aether ist weniger zu empfehlen, indem dadurch zu viel Chlorophyll mit in Lösung geht. Im reinen Zustande bildet die Evernsäure kurze scharfkantige Nadeln, die im polarisirten Lichte schönes Farbenspiel zeigen. Die reine Säure ist farblos, ein wichtiges Unterscheidungsmoment gegenüber der Usninsäure. Da sich die Säure schon bei 130—140° C zu bräunen beginnt, kann der bei 164° C gefundene Schmelzpunkt nur als annähernd richtig betrachtet werden.

In Aetzalkalien, Aetzammon und den Alkalicarbonaten ist die Säure mit gelber Farbe löslich; kohlensaures Ammon löst sie nur beim Kochen und zwar ziemlich langsam. Durch Säure wird unveränderte Evernsäure gefällt. Auch in concentrirter Schwefelsäure ist sie mit bräunlichgelber Farbe löslich. Durch Verdünnen oder Neutralisiren wird sie unverändert gefällt, durch Ueberschuss von Alkali natürlich wieder mit gelber Farbe gelöst. Auch in der Reaktion gegen Eisenchlorid, sowie in der Art, wie die neutrale Lösung des Ammonsalzes z. B. gegen Kupfer-, Nickel-, Kobaltsalze sich verhält, nähert sie sich sehr der Usninsäure.

Sehr genau lässt sie sich aber von der Usninsäure unterscheiden, wenn man sie vorher einem längeren (mindestens 15 Minuten) dauernden

Kochen mit Kalkmilch unterwirft. Hierdurch giebt sie nämlich nach der oben angeführten Formel Orcin, und dieses kann dann sowohl durch die Kalichloroformreaktion als durch die Rothfärbung mit Chlorkalk nachgewiesen werden. Sie schliesst sich dadurch an die Lecanor- und Erythrinsäure an; Usninsäure, die als höheres Homolog durch diese Kalkbehandlung kein Orcin, sondern möglicherweise Methylorcin ergiebt, kann deshalb nicht das fluorescirende Homofluorescein bilden.

Die Evernsäure wurde bisher nur in der *Evernia prunastri* gefunden, mir gelang es sie auch in der *Cladonia rangiferina* nachzuweisen. Die aus dieser Flechte dargestellte Säure hatte sämmtliche Reaktionen, die wir an der Evernsäure wahrgenommen haben, was mir umsomehr auffiel, als die einzelnen Autoren in der *Cladonia rangiferina* Usninsäure oder β-Usninsäure gefunden hatten und von Evernsäure nichts erwähnen. Die β-Usninsäure erhielt, da sie von der Usninsäure doch in mehreren Punkten, besonders auch im Aussehen — sie war farblos — abwich, von Stenhouse den Namen Cladoninsäure. Ich will nun die Frage mehr anregen als entscheiden: waren die untersuchten Säuren nicht etwa Gemenge aus Usnin- und Evernsäure?

Noch unsicherer als die Angaben über Cladoninsäure lauten jene über Carbonusninsäure. Sie soll nach O. Hesse in *Usnea*-Arten vorkommen, die auf *Callisaya*-Rinde gewachsen war. Abgesehen davon, dass die Analyse dieser Carbonusninsäure einen höheren Gehalt an Kohlenstoff erwies, giebt Heeren als Hauptunterschied, den Eigenschaften der Usninsäure gegenüber, die Verschiedenheit des Schmelzpunktes an. Erstere Säure schmilzt bei 195,4° C., letztere bei 200—203° C. Andere Autoren, z. B. Paterno, glauben an die Identität beider Säuren. Dem Botaniker ist übrigens mit der Unterscheidung wenig geholfen, deshalb übergehe ich diese doch sehr fragliche Substanz.

Es bliebe mir nun noch übrig eine Anzahl seltener vorkommender, weniger genau untersuchter Flechtensäuren, wie Vulpinsäure, Cetrarsäure, Patellarsäure in gleicher Art in Beziehung auf Darstellung, Eigenschaften und Reaktionen zu besprechen. Obwohl ich auch in dieser Richtung einige Studien gemacht, muss ich doch das Eingehen darauf für eine Fortzetzung dieser Arbeit vorbehalten, da mich derzeit andere Studien in Anspruch nehmen. Ich will nur noch einiges über eine in den Flechten vorkommende Säure anführen, die trotzdem keine eigentliche Flechtensäure ist, ich meine

6. Die Roccellsäure $C_{17}H_{32}O_4$

Es ist dies, wie ihre Eigenschaften deutlich zeigen, eine zu den Fettsäuren gehörige Säure. Man gewinnt sie aus der *Roccella fuciformis* oder *tinctoria*, indem man die Flechte zuerst einige Male mit Kalkmilch auszieht. Die vorhandene Erythrinsäure wird dadurch als leicht lösliches Kalksalz eliminirt, die Roccellsäure gibt dagegen, wie die Fettsäuren mit höheren Moleculargewicht überhaupt, eine schwer lösliche Kalkverbindung, die in der Flechte zurückbleibt. Behandelt man diese dann mit verdünnter Salzsäure, so wird die Roccellsäure wieder frei gemacht und kann — nach genügendem Auswaschen — durch verdünnte Kalilauge als lösliche Kaliseife ausgezogen werden. Wird das Filtrat mit Salzsäure übersättigt, so fällt Roccellsäure, daneben aber auch viel Plasmaschleim und huminartige Substanz. Der Niederschlag wird getrocknet und mit Aether extrahirt, der beim Verdunsten ziemlich reine Roccellsäure hinterlässt. Durch mehrmaliges Umkrystallisiren aus Aether erhält man sie in Form kleiner weisser Täfelchen, aus Alkohol mehr als feine Nadeln. Es ist eine Dicarbonsäure mit 2 Carboxyl und gehört zu einer homologen Reihe nach der Generalformel $C_n H_{2n-2} O_4$, zu der auch Adipinsäure und Korksäure gerechnet werden.

Sie schmilzt bei 132° C. und erstarrt dann zu einem durchsichtigen Harz, ohne sich dabei wesentlich zu verändern. Auf Platinblech erhitzt, stösst sie Fettgeruch aus, und verbrennt mit leuchtender Flamme. Ihr Charakter als Fettsäure tritt besonders bei ihrer Lösung in Kali hervor, die alle Eigenschaften einer wahren Seife zeigt, d. h. in verdünnter Lösung beim Schütteln bleibenden Schaum bildet, durch Zusatz von überschüssigem Kali und Kochsalz ausgeschieden wird, aus Chlorcalciumlösung unlöslichen roccellsauren Kalk fällt u. s. w.

Die Roccellsäure bildet kein Orcin oder Methylorcin, mit Ammoniak und Sauerstoff oder mit Eisenchlorid, Chlorkalk u. s. w. keinen Farbstoff, kurz sie ist durchaus von den eigentlichen Flechtensäuren verschieden. Sie färbt sich wie fast alle Fettsäuren durch Alkannatinctur roth, und konnte hierdurch ihr Vorkommen als wesentlicher Bestandtheil in den Gonidien nachgewiesen werden. Wenn man die Roccellsäure denselben durch Aether, Petroleum, Sodalösung, phosphorsaures Natron etc. entzieht, bleibt die Rothfärbung aus. Ein in den Gonidien vorkommender Körper ist kein Ausscheidungsprodukt, wie dies für die eigentlichen Flechtensäuren im nachfolgenden botanischen Theile nachgewiesen wird; man ist daher gezwungen, die Roccellsäure von diesen zu trennen.

Botanischer Theil.

Noch mehr als durch die chemischen Beziehungen treten die Flechtensäuren durch die Gleichartigkeit des Vorkommens und die gleiche physiologische Rolle, die sie in den Flechten spielen, zu einer Gruppe zusammen.

Die Literatur über das Vorkommen der Flechtensäuren in der Pflanze ist wenig umfangreich. Es treten darin eigentlich nur zwei Ansichten einander gegenüber. Schwendener[1]) giebt für alle Laub- und Strauchflechten an, die Säuren kämen allein in der Gestalt von Körnchen vor, die sich, wie er ausdrücklich hervorhebt, niemals im Lumen der Zellen, sondern immer an der Aussenfläche der Membranen abgelagert fänden. Sei das Gewebe interstitienlos, so lägen die Körnchen zwischen den sich berührenden Zellenwandungen. Dem steht die Ansicht El. Borscow's[2]) gegenüber, der ein solches Vorkommen nur für einige, nicht für alle Flechten gelten lassen will. Er untersuchte in dieser Beziehung unsere gewöhnliche Wandflechte *(Physcia parietina)* und fand, dass angeblich die Körnchen der Chrysophansäure durchwegs Inhaltseinschlüsse der Hyphenzellen, keineswegs Ablagerungen oder Incrustationen der Aussenseite der Hyphen bildeten. Es heisst wörtlich: „Bei *Physcia parietina* sind sämmtliche Körnchen nichts anderes, als kleine von Chrysophansäure pigmentirte Klümpchen von dichtem Protoplasma, also Bildungen, welche den Farbstoffkörpern ganz analog sind."

Ich habe diese Frage sowohl bei der *Physcia* als auch bei zahlreichen anderen Flechten untersucht und muss mich durchaus der Ansicht von Schwendener anschliessen. Borscow's Irrthum ist jedenfalls darauf zurückzuführen, dass er die *Physcia* nicht in frischem, unveränderten Zustande untersuchte, sondern erst nach der Behandlung mit verdünntem Kali oder Ammoniak. Er rechtfertigt diese Untersuchungsmethode mit der Behauptung, Chrysophansäure löse sich erst bei allzu langer Behandlung, indem das Plasmagerüste der Körnchen zerstört werde. Gerade diese Praemisse ist unrichtig. Ich brachte unter dem Mikroskop sowohl Krystalle der reinen Säure, als auch frische dünne Schnitte der Flechte mit höchst verdünntem Kali zusammen und beobachtete in beiden Fällen die fast momentane Lösung. Bei Borscow's Versuchen, der die Flechte nach der Behandlung mit Kali nur auf Fliesspapier abgetrocknet hatte, musste das lösliche Kali oder Ammonsalz der Chrysophansäure durch Diffu-

---

[1]) In Naegeli's Beiträgen zur wissenschaftlichen Botanik. Heft III. p. 142.

[2]) Bot. Ztg. 1874. p. 22 ff.

sion in die Hyphen eindringen und die Plasmakörner durch Flächenanziehung tingiren.

Wenn man sich nicht mit der Beobachtung eines unveränderten Schnittes begnügen will, (obwohl auch hier die gelben Körnchen mit genügender Deutlichkeit ausserhalb der Membran liegend gesehen werden können), so liefert die Behandlung mit Kalkwasser den schlagenden Beweis, dass Borscow's Behauptung unrichtig ist. Der Inhalt der Hyphenzellen, sowie die Membran bleiben farblos, die Körnchen dagegen färben sich roth, ohne sich zu lösen. Auch bei anderen Flechten ist diese Ablagerung der Körnchen an der Aussenseite evident. Bei *Roccella tinctoria* z. B. ermöglicht es die Beschaffenheit der Rinde, welche aus parallelen, nicht verwachsenen Fäden besteht, die Körnchen von Erythrinsäure durch Reiben unter dem Deckglase von den Hyphen zu trennen.

Als Beweis gegen pigmentirte Plasmaklümpchen kann auch die Thatsache angesehen werden, dass sämmtliche Körnchen krystallinisch sind. Ein Mittel, undeutliche Krystalle von ähnlich aussehenden amorphen Niederschlägen zu unterscheiden, bietet bekanntlich das Polarisationsmikroskop, unter welchem krystallinische Körper bei gekreuzten Nicols aufleuchten, während die amorphen dunkel bleiben. Nun leuchten aber die Flechtensäurekörnchen sehr deutlich bei einem Flechtenschnitt, während die übrigen Theile dunkel bleiben. Um sich vor Täuschungen durch etwa vorhandene Krystalle von oxalsaurem Kalk zu schützen, genügt es, den Schnitt vorher mit verdünnter Salzsäure zu behandeln, in der die Flechtensäuren sich nicht verändern. Das Polarisationsmikroskop weist dann am sichersten den Weg, um die Flechtensäurekörnchen an einem Schnitte aufzufinden.

Zum Abschluss dieser Argumentation will ich noch erwähnen, dass bei Behandlung der Schnitte mit Lösungsmitteln, die wie Alkohol, Benzol, (bei Erythrinsäure auch Glycerin) wohl auf die Flechtensäuren, nicht aber auf Plasma oder Cellulose lösend wirken, wohl die Säurekörnchen verschwanden, niemals aber ein ungelöster Kern oder sonstige Reste beobachtet werden konnte.

Was nun den Theil des Flechtenthallus anbelangt, an welchem die Flechtensäure abgelagert wird, so finden wir sie niemals an den Gonidien, sondern stets an den Hyphenzellen, doch sind diese nicht immer gleichmässig mit den Körnchen bedeckt. In der Mehrzahl der Fälle ist es ausschliesslich die Rinde, wo wir sie aufzusuchen haben. Bei Flechten mit differenter Ober- und Unterseite, ist erstere immer die an Säure reichere. Wenn auch sehr vereinzelte Körnchen im Innern vorkommen können, so ist doch die Rinde als eigentlicher

Ablagerungsplatz zu betrachten. Weit seltener ist der Fall, dass die Säure gleichmässig in der Flechte vertheilt erscheint. Wenn dies z. B. bei *Ochrolechia tartarea* sich zeigt, so erscheint dies naturgemäss, da bei dieser Krustenflechte keine eigentliche Rinde zur Ausbildung gelangt.

Weiter finden wir die Säure regelmässig in bedeutender Menge an fortwachsenden Spitzen und Rändern, ebenso an den Stellen, wo Soredien aufbrechen und schliesslich an den Soredien selbst. Am fortwachsenden Rande und den Spitzen fehlen die Säurekörnchen nie. Anders verhält es sich an älteren Theilen, wo die Säure manchmal fehlt, eventuell weil sie abgeworfen wurde.

Betrachten wir z. B. die Wandflechte, so muss es uns auffallen, dass die Oberfläche des Thallus nicht überall gleichmässig gelb gefärbt ist. Gelb ist immer der Rand und jene Stellen, wo ein junges Apothecium in der Bildung begriffen ist. Aeltere vom Rande entferntere Theile, das Excipulum der älteren Apothecien sind in trokkenem Zustande grau, beim Befeuchten lassen sie das Grün der Gonidien durchschimmern. Die Annahme, die früher vorhandene Säure sei aus der Flechte entfernt worden, bestätigt sich, wenn wir einen Radialschnitt der Rinde ins Auge fassen. Sie erscheint am Rande vollkommen glatt und zahlreiche Körnchen der Säure sind auf der Membran der Hyphenzellen abgelagert. Weiter nach innen zu beginnen die äussersten Rindentheile sich abzulösen. Sie bleiben wohl noch eine Zeitlang mit dem Thallus in Verbindung, werden aber schliesslich gänzlich entfernt, wahrscheinlich indem sie durch den Regen weggespült werden. Es ist eine ähnliche Ablösung der äussersten Theile, wie wir sie z. B. an der Wurzelhaube finden. An der Unterseite des Thallus werden die äusseren Theile mit der Rinde, wohl durch die Reibung am Substrate, schon sehr zeitig entfernt, woher die irrige Behauptung stammt, dass an der Unterseite gar keine Säure abgelagert sei. Dem entgegen konnte ich bei einer *Physcia,* die auf faulem Holze wuchs, wo die Reibung daher wenig wirken konnte, auch auf der Unterseite die Anwesenheit der Chrysophansäure constatiren.

Wenn die vollständige Abwerfung der äussersten Rindenzellen mit der Chrysophansäure manchmal unterbleibt, so ist dies eine wenig in Betracht kommende Zufälligkeit.

Bei *Ochrolechia tartarea* starben die äussersten Rindentheile ab, bleiben aber als strukturlose hyaline Schicht mit der Flechte in Verbindung. Was dabei aus der Lecanorsäure geworden, blieb unaufgeklärt. Es wäre leicht möglich, dass sie in Orcin und Kohlensäure

zerfallen ist. Versuche einen eventuellen Rückstand von Orcin nachzuweisen, gaben ein negatives Resultat, was nicht zu verwundern ist, indem das leicht lösliche Orcin durch den Regen weggewaschen werden musste. Wenn Nylander behauptet, die von ihm angegebenen Reaktionen mit Chlorkalk und Kali liessen sich an jüngeren Theilen besser als an älteren constatiren, so hängt das wahrscheinlich auch mit diesem Abwerfen der Säure an älteren Theilen zusammen.

Es ist nach dem Angeführten ersichtlich, dass alle Flechtensäuren eine gewisse Gleichartigkeit in der Art und dem Orte des Vorkommens besitzen, und dieselbe physiologische Rolle im Stoffwechsel der Flechten spielen. Es sind eben Ausscheidungsprodukte beim Wachsthum der Flechte. Schon das Auftreten in krystallinischer Form an der Aussenseite der Hyphen spricht dafür. Wären die Säuren noch für das Pflanzenleben nützlich und verwendbar, so würden sie nicht an den älteren Theilen abgeworfen werden, wie wir es z. B. bei *Physcia parietina* gesehen. Ausserdem ist es schwer denkbar, wie so schwerlösliche Körper von der Hyphenzelle wieder aufgenommen werden sollten, was doch jedenfalls zum weiteren Gebrauche nöthig wäre. Wenn dies bei Lecanor-, Erythrinsäure am Ende durch eine Umbildung in das lösliche Orcin möglich wäre, so lässt diese Erklärung uns doch bei Usninsäure oder Chrysophansäure im Stich, deren Derivate fast unlöslich im Wasser sind. Als Nebenprodukt des Stoffwechsels speciell beim Wachsthum darf man die Flechtensäuren wohl hinstellen, da sie an keinem fortwachsenden Rande, in keiner Spitze fehlen. Wären sie blos ein Ausscheidungsprodukt des Stoffwechsels, so müssten sie auch an allen nicht mehr wachsenden Theilen ausgeschieden werden, was der Erfahrung widerspricht.

Vergessen wir nicht, dass mit Ausnahme der Chrysophansäure, die ein Methylanthracenderivat, die Flechtensäuren zu der Benzolreihe in mehr oder weniger innigem Zusammenhange stehen. Wir wissen, dass solche Glieder der Benzolreihe auch bei der chemischen Zersetzung des Eiweisses und anderer Proteïnstoffe, ebenso auch aus der inkrustirenden Substanz des Holzes dargestellt worden sind. Ferner zeigen die Flechtensäuren in der chemischen Zusammensetzung wesentliche Aehnlichkeit mit Bestandtheilen, die in der Rinde der Bäume vorkommen. Um dies zu erläutern, brauche ich nur auf die Formel der Gallusgerbsäure nach Schiff hinzuweisen. Die Gerbsäure ist nach ihm ein inneres Anhydrid der Gallussäure — eine Digallussäure — die Lecanorsäure ein inneres Anhydrid der Orsellinsäure

— eine Diorsellinsäure; Gallussäure und Orsellinsäure, Pyrogallol und Orcin leiten sich aus Gerbsäure und Orsellinsäure, in ganz gleicher Weise durch Wasseraufnahme resp. Kohlensäureabgabe ab. Beide Reihen unterscheiden sich nur dadurch, dass in der Gerbsäurereihe ein Molekül OH (Hydroxyl) an der Stelle steht, wo bei der Lecanorsäurereihe ein Molekül CH_3 (Methyl) sich vorfindet. Zum besseren Verständnisse stelle ich die Formeln nebeneinander:

Gerbsäure.

$$O \left\{ \begin{array}{l} C_6\,H_2 \left\{ \begin{array}{l} (OH)_2 \\ COOH \end{array} \right. \\ C_6\,H_2 \left\{ \begin{array}{l} (OH)_2 \\ COOH \end{array} \right. \end{array} \right.$$

Lecanorsäure.

$$O \left\{ \begin{array}{l} C_6\,H_2 \left\{ \begin{array}{l} OH \\ CH_3 \\ COOH \end{array} \right. \\ C_6\,H_2 \left\{ \begin{array}{l} OH \\ CH_3 \\ COOH \end{array} \right. \end{array} \right.$$

Gallussäure.

$$C_6\,H_2 \left\{ \begin{array}{l} (OH)_3 \\ COOH \end{array} \right.$$

Orsellinsäure.

$$C_6\,H_2 \left\{ \begin{array}{l} (OH)_2 \\ CH_3 \\ COOH \end{array} \right.$$

Pyrogallol.

$$C_6\,H_3\,(OH)_3$$

Orcin.

$$C_6\,H_2 \left\{ \begin{array}{l} (OH)_2 \\ CH_3 \end{array} \right.$$

Selbst für die Flechtenfarbstoffe findet sich eine Parallele in den Phlobaphenen der Rinden.

Eine Frage wäre es noch, welchen Zweck die Flechtensäuren erfüllen. Wirken sie vielleicht antiseptisch und wäre so vielleicht die lange Lebensdauer der Flechten zu erklären? Wären sie vielleicht in dieser Beziehung den zahlreichen Derivaten der Benzolreihe anzuschliessen, die wie Phenol, Cressol, Salicylsäure, Benzoesäure eminent fäulnisswidrig wirken? Diese Vermuthung bestätigt sich nicht. Eine wässrige Abkochung von Lecanora wimmelte schon nach einigen Tagen (bei Sommertemperatur) von Bakterien.

Fernere Untersuchungen werden lehren, ob die Ausscheidung gewisser Flechtensäuren an bestimmte Algen gebunden ist oder ob man danach vielleicht verschiedene Pilzspecies aufstellen muss.

Graz, April 1880.



Beitrag zur Kenntniss der Gymnoasceen.

Von

Dr. Eduard Eidam.

Mit Tafel XII—XV.

Einleitung.

Auf dem Gebiete der Pilzkunde ist eine für Erforschung aller lebenden Wesen sehr wichtige Frage gar vielfach wohl angebracht: „Wird es jemals gelingen, die Lücken unserer heutigen Eintheilung durch vermittelnde Organismen auszufüllen oder sind letztere, wenn überhaupt einmal vorhanden gewesen, vielleicht schon verschwunden und unserer Kenntniss für immer entzogen?" Befinden wir uns doch über die naturgemässe Stellung nicht nur zahlreicher Pilzarten, sondern sogar ganzer Familien der Pilze, oft genug im Unklaren, und speciell bei der grossen *Ascomyceten*reihe sind wir noch lange nicht in der Lage, von den einfachsten bis zu den vollkommensten, mit derben und complicirten Gehäusen, mit fleischigem Stroma und vielfachen Reproductionsorganen ausgestatteten Formen eine völlig zusammenhängende Kette aneinanderzufügen. Die Zeit ist noch nicht lange vergangen, wo an den Anfang der *Ascomyceten* ganz isolirt und ohne Anknüpfungspunkte allein nur die von de Bary[1]) und Tulasne[2]) genauer untersuchten Gattungen *Exoascus* und *Taphrina* gestellt werden konnten, mit welchen dann weiterhin Reess[3]) die *Saccharomyces*arten nebst *Endomyces* verbunden hat. Erst 1872 ist von Baranetzky[4]) ein Pilz — *Gymnoascus Reessii* — entdeckt worden, welcher an *Exoascus* und *Taphrina* sich anschliesst und

---

1) de Bary, Beitr. z. Morph. u. Physiol. d. Pilze. I. 1864.

2) L. R. Tulasne, Annal. d. sc. nat. Sér. V. T. V. 1866.

3) M. Reess, Bot. Unters. üb. d. Alkoholgährungspilze. Leipzig 1870.

4) J. Baranetzky, Bot. Ztg. 1872. No. 10.

als Uebergangsglied die Verbindung mit den übrigen *Ascomyceten* enger zu knüpfen geeignet ist. Die Entdeckung des *Gymnoascus* wurde für Baranetzky gleichzeitig Veranlassung, sowohl ihn als *Taphrina, Endomyces* und *Saccharomyces* in eine gemeinsame Gruppe unter dem Namen *Gymnoasci* zusammenzufassen. Das Fehlen oder nur mangelhafte Vorhandensein echter geschlossener Fruchtkörper, sowie das ganz oder nahezu unverhüllte Entstehen der Asci, sei es einzeln, in Gruppen oder auf einem dichteren Hymenium, gab den gemeinsamen Charakter der neuen Familie, deren Aufstellung sich späterhin als durchaus zweckmässig und natürlich bewährt hat.

Die von Baranetzky vereinigten Pilzgattungen waren jedoch theilweise noch nicht abschliessend genug untersucht, um ihren Platz bei den *Gymnoasceen* wirklich für alle mit Sicherheit rechtfertigen zu können. Es gilt dies besonders von dem räthselhaften *Endomyces*[1]), während *Saccharomyces* wohl ganz aus der Reihe auszuschalten ist und bei den *Phycomyceten* in Nähe der *Mucorineen* untergebracht wird. Die Gattung *Protomyces* müsste nach den Untersuchungen de Bary's[2]) eigentlich auch unter die *Gymnoasceen* aufgenommen werden, doch ist es heute wahrscheinlicher, dass ihr eine ganz andere Stelle, nämlich bei den *Chytridieen*, zugehört. In die eigentlich typischen Gattungen der *Gymnoasceen* haben dagegen die Untersuchungen von Magnus[3]) und van Tieghem[4]) besseren Einblick verschafft, wobei zugleich der Formenkreis erweitert worden ist, so dass sich gegenwärtig die Familie aus folgenden Gattungen zusammensetzt:

I. Parasitische Gymnoasceen im Gewebe von Blättern und Früchten lebend:

a) **Ascomyces;** ohne Mycel, 8sporige Schläuche;

b) **Taphrina;** rudimentäres Mycel, vielsporige Schläuche;

c) **Exoascus;** vielfach verzweigtes und septirtes Mycel; die Schläuche entstehen nackt auf einem einfachen Hymenium.

II. Saprophytische Gymnoasceen mit grossen Mycelien.

d) **Ascodesmis;** dichtes Hymenium, auf dem Paraphysen und Schläuche erscheinen, Hülle vollständig fehlend;

e) **Gymnoascus;** Schläuche in Mycelknäueln gebildet; das Mycel überkleidet die Schläuche maschenartig mit einer lockeren und lückenreichen Hülle.

---

1) de Bary, Bot. Ztg. 1859. No. 46. Tulasne, Select. fung. carpol. T. III. S. 61.

2) l. c. p. 32.

3) P. Magnus, Bot. Verein f. d. Prov. Brandenburg. Sitzung vom 31. Juli 1874.

4) van Tieghem, Extr. du bull. de la soc. bot. de France. T. XXIII. 1876. p. 271. T. XXIV. 1877. p. 159.

Im Bau der *Gymnoasceen* sind deutlich zwei divergirende Reihen zu erkennen: a—d nähert sich dem *Discomyceten*typus, e besitzt Anklang an die Familie der *Pyrenomyceten*.

Ich lasse nun die parasitische Abtheilung der *Gymnoasceen* beiseite, um unmittelbar an die folgenden Untersuchungen anschliessend, in Kürze das von den beiden Gattungen *Ascodesmis* v. Tiegh. und *Gymnoascus* Bar. Bekannte vorzuführen.

Entwickelungsgeschichte der Gattung *Ascodesmis*. Die Gattung *Ascodesmis* wurde von van Tieghem[1]) auf Hunde- und Schafexcrementen und zwar in zwei Arten entdeckt, welche sich durch Farbe und Grösse der Sporen unterscheiden, im Uebrigen aber dieselbe Entwicklung besitzen. Sie bilden zarte und sehr kleine auf einem weissen Luftmycel in Masse entstehende Pünktchen, herangereift bei *A. nigricans* von chocoladebrauner, bei *A. aurea* von goldgelber Farbe. Unter dem Mikroskop bestehen diese Pünktchen aus einer fleischigen Scheibe, nach oben in zahlreiche Büschel von Paraphysen und Asci auslaufend. Die Paraphysen sind im jungen Zustand hakenartig eingerollt, durch die von unten nachwachsenden Sporenschläuche werden sie jedoch gerade gerichtet. Auf derselben Scheibe findet man die Asci in allen möglichen Reifezuständen; sie sind durchweg mit Paraphysen vermischt, doch werden sie in Vertretung der fehlenden Hülle von einem ganzen Kranze derselben am Rande schützend umgeben. Die Sporen der *Ascodesmis*-Arten sind mit hübschen Cuticularverdickungen auf dem Exosporium versehen, sie keimen leicht in Nährlösungen und bilden ein reichliches z. Th. leiterartig anastomosirendes Mycel, auf dem schon vier Tage nach erfolgter Aussaat die Fruchtanlagen erscheinen, welche nach weiteren 3—4 Tagen ihre Reife erlangt haben. Die Entstehung der Fruchtscheiben geht nach van Tieghem so vor sich, dass in der Mitte einer Mycelzelle ein kurzer Ast auswächst, sich kommaartig krümmt und durch eine Wand abgrenzt. Auf der convexen Seite der Krümmung entsteht ein zweiter Ast, ebenfalls kurz bleibend und nach entgegengesetzter Richtung gekrümmt, so dass eine Art T zu Stande kommt. Jeder Ast dichotomirt sich seinerseits ebenfalls und derselbe Vorgang wiederholt sich an allen neu entstehenden jungen Aesten, aber so, dass jede Gabelung in einer zur vorhergehenden senkrechten Ebene zu stehen kommt. Sämmtliche Aeste verflechten sich ohne Zwischenraum auf's innigste miteinander, sie constituiren die fleischige Scheibe, auf deren Hyphen-

---

[1]) l. c.

polster als letzte Aussprossungen Paraphysen und Asci auftreten. Conidien sind bei *Ascodesmis* nicht beobachtet worden.

Entwickelungsgeschichte des *Gymnoascus Reessii* Bar. Ganz anders verläuft die Entwickelung der Gattung *Gymnoascus*, welche zugleich die bisher vollkommenste Form unter unserer Familie darstellt. *Gymnoascus Reessii*, von Baranetzky[1]) auf altem Pferde- und Schafmist gefunden, bildet kleine schneeweisse, später bräunliche Häufchen, welche selbst wieder aus einer Anzahl verflochtener Knäuelchen zusammengesetzt sind, die insgesammt von lockerem Hyphengeflecht überzogen werden. Baranetzky beschreibt die Entstehung der Ascushäufchen folgendermassen:

Zwei einer Querwand im Mycelfaden zunächst und sich gegenüberliegende Hyphentheile schwellen beiderseits zu länglich keuligen Blasen auf, welche einander morphologisch vollkommen gleichwerthig sind und sich auf's innigste in höchstens einer Windung umeinanderschlingen. Die Funktionen der beiden Zellen, welchen Baranetzky sexuelle Bedeutung beilegt, gehen jedoch von nun an auseinander: die eine von ihnen theilt sich durch eine Querwand, so dass sie zweizellig wird, worauf die entstandene untere Zelle späterhin Ausstülpungen in Gestalt dünner Schläuche hervortreibt, die auf der Anlage unregelmässig herumkriechen. Die obere Zelle dagegen schwillt zu einer ziemlich grossen Kugel — der sterilen Zelle — auf, ohne dann weiter an der Ausbildung des Knäuels aktiven Antheil zu nehmen. Während also die eine Primordialkeule keine Asci hervorbringt, ist dies um so mehr mit der anderen der Fall. Sie bildet an ihrer Spitze einen dünneren Fortsatz, welcher sich ringförmig und locker der sterilen Zelle in einem Umkreis anlegt. Nach Baranetzky sollen nun die künftigen Ascusbüschel allein nur aus diesem Fortsatz hervorgehen, er septirt sich und nur wenige, meist nur zwei, der so entstandenen Zellen wölben sich nach aussen vor, um äusserst dichte und kurze Haupt- und Nebenäste hervorsprossen zu lassen, welche das junge Organ alsbald in einer Schicht überziehen. Die immer erneute Production von Axen höherer Ordnung, welche breit lappenförmig aufschwellen, liefert schliesslich in ihren letzten Ausläufern kurzgestielte eiförmige Sporenschläuche, in denen acht ziemlich fest an einander klebende rundliche braune Sporen entstehen.

Gleichzeitig mit diesen Vorgängen wachsen von einer Anzahl benachbarter Mycelhyphen zahlreiche Zweige hervor, anfangs farblos

[1]) l. c.

und plasmareich, später stark verdickt und stroh- bis orangegelb gefärbt. Diese Hyphen verzweigen sich und sie legen sich in Form eines gitterartigen Maschennetzes allseitig über die Sporenschläuche zusammen, dieselben mit einer Art lückenreicher Hülle überkleidend. Es ist das Charakteristische von *Gymnoascus Reessii,* dass die Endäste dieses Hüllennetzes in zahlreiche kurze, aber vollkommen gerade und stachelartig zugespitzte Fortsätze auslaufen.

Im Jahre 1877 konnte ich bei Gelegenheit von Culturen insectentödtender Pilze auf einer Puppe der *Sphinx Galii* einen *Gymnoascus* beobachten, dessen Mycel und Ascushäufchen von *Gymnoascus Reessii* nicht zu unterscheiden waren [1]). Sein Gespinnst hüllte allmählich die Puppe fast völlig ein und verbreitete sich von ihr aus auf benachbarte Moospflänzchen, streckenweise frei hängend, so dass ich grosse schleierartige Mycelstücke ganz rein abnehmen und durch Behandlung mit Alkohol und Ammoniak sehr brauchbare Präparate erhalten konnte. Unter dem Mikroskop zeigten diese Präparate die Sporenknäuel in allen Entwicklungsphasen und mit blossem Auge betrachtet, erschienen dieselben in dem Mycelgeflecht als äusserst zahlreiche punktförmige Körperchen dicht neben einander eingestreut, anfangs klein und schneeweiss, später bräunlich in Folge Färbung und Verdickung der stachelspitzigen Hülldecke.

An dem dargebotenen günstigen Material waren die ersten Anlagen der Sporenknäuel in reichlicher Menge aufzufinden. Das Mycel zeigte sich wie wohl bei allen *Gymnoascus*-Arten an vielen Stellen kolben- und flaschenartig aufgetrieben, zu meinem Erstaunen aber konnte ich die von Baranetzky beschriebenen und abgebildeten morphologisch vollkommen gleichwerthigen in einer Windung schraubig um einander geschlungenen Keulenzellen nirgends wahrnehmen. Allerdings fand auch ich stets zwei Hyphen an dem Primordium der Fruchtanlage betheiligt, aber schon vom allerersten Anfang an erwiesen sich dieselben verschieden gestaltet. Der Vorgang ist folgender:

Unterhalb der Scheidewand einer Mycelzelle bildet sich ein Seitenast, Taf. XIII. Fig. 25a, welcher nicht vom Mycelfaden abwächst, sondern die nächstliegende Zelle in zahlreichen gleich dicken Schraubenwindungen umfasst und ohne Zwischenraum aufs engste umwindet, Taf. XIII. Fig. 25b. Die umwindende Zelle sowohl als die umwundene erfüllt dichtes Protoplasma; letztere ist in ihrem Verlauf nur selten von gleichmässigem Breitendurchmesser, sondern gewöhnlich eine der erwähnten kolbenartigen Auftreibungen. Nicht immer

[1]) Jahresber. d. bot. Sect. d. schles. Ges. f. vaterl. Cult. pro 1877. p. 117.

jedoch entsteht die Schraube als Seitenast des nämlichen Mycelfadens, an welchem sich gleichfalls die umwundene Zelle befindet, sondern ich beobachtete, wie Myceläste auch benachbarte Hyphentheile umwanden, um so die Anlage eines Ascushäufchens einzuleiten, Taf. XIII. Fig. 26. (vgl. Fig.-Erklärung). Nachdem die Schraube etwa 8—10 Windungen vollendet hat, septirt sie sich ihrem ganzen Verlauf nach in kleinere Zellen, während die umwundene Mycelzelle sich noch etwas streckt, so dass die umgebenden Schraubenwindungen durch sie öfters verzerrt und ein wenig auseinander gerückt werden. Sie zerfällt hierauf in 2—3 neue Zellen, deren eine die bald erkennbare sterile Zelle bildet, die andern aber dünne Auswüchse hervortreiben. Die langgestreckte Form des ganzen Gebildes gleicht in diesem Zustand — man verzeihe den Ausdruck — ganz auffallend einem mit breitem Band umgürteten Wickelkissen, einigermassen an die auf Taf. XIII. Fig. 11 abgebildete Figur erinnernd.

So wenig wie bei der Anlage des *Gymnoascus Reessii*, so wenig kann ich Baranetzky's Beobachtung bestätigen, dass allein nur von einem kurzen dünneren Fortsatz, welchen die eine Keule bilde und welcher sich ringförmig und lose der sterilen Zelle in einem Umkreis anlege, die gesammte Ascusbildung ausgehe. Es hängt ganz von der Kraftfülle des Individuums ab, ob die Windungen der Schraube alle oder nur theilweise auswachsen und bei den kräftigsten Anlagen, welche ich untersuchte, zeigte sich vielmehr, dass die zahlreichen Zellen der Schraube sämmtlich im Stande sind, kurze Aeste zu bilden, welche nur an den zwei oder drei untersten Windungen sich mycelartig verlängern. Die übrigen Aeste dagegen verflechten sich überaus dicht mit einander, sie verknäueln nach allen Richtungen, um fortgesetzt junge zarte Sprosse zu bilden, deren letzte Ausläufer endlich, entsprechend der Darstellung Baranetzky's, die Asci erzeugten.

Wenn nun auch in Betreff der Anlage, sowie in Betreff des Aussprossens der ascogenen Hyphen meine Untersuchungen von denen Baranetzky's differiren, so bin ich doch weit entfernt davon, die ausgezeichneten Beobachtungen dieses Forschers in Zweifel ziehen zu wollen. Baranetzky erwähnt, dass der von ihm beschriebene Bildungsgang des *Gymnoascus Reessii* nur an ganz schmächtigen Exemplaren gut zu beobachten sei. Nun giebt es aber ein Mittel, um solche verkümmerte Fruchtknäuel-Anlagen absichtlich hervorzurufen und ich habe ähnliche Bildungen bei andern *Gymnoasceen* vielfach erhalten, worauf ich unten noch besonders zurückkommen werde. Ich meine nämlich die Cultur und Sporenaussaat in künst-

liche Nährflüssigkeiten, welche nicht allen Bedürfnissen des Pilzes Rechnung tragen. So nehme ich es als sehr wahrscheinlich an, dass auch Baranetzky's Schilderungen auf kümmerlich ernährte Culturen sich beziehen, und dass die von ihm erwähnten keulig blasigen Anlagen der Fruchtknäuel sowohl als die auf den kleinen ringförmigen Fortsatz beschränkte Ascusbildung nur als eine Folge des Nahrungsmangels aufgetreten ist.

Leider habe ich es versäumt, mit den Sporen von *Gymnoascus Reessii* weitere Culturversuche anzustellen, so dass ich nichts Sicheres darüber aussagen kann, ob dieser Pilz auch Conidien besitzt, deren Vorhandensein mir jedoch im höchsten Grade wahrscheinlich geworden ist.

Entwickelungsgeschichte des *Gymnoascus ruber* v. Tiegh. Bei *Gymnoascus ruber*, der letzten noch zu erwähnenden bekannten *Gymnoascus*species, wird von dem Entdecker, van Tieghem[1]), ein Conidienapparat angegeben. Der Pilz wächst auf Ratten- und Hundekoth; van Tieghem hat ihn auf Pferdemistabkochung cultivirt und erwähnt nur kurz, dass die Entstehung des „Peritheciums," wie er die Ascusknäuel nennt, im Wesentlichen so erfolge, wie es Baranetzky beschrieben hat. Zwei Aeste, gewöhnlich von dem nämlichen Mycelfaden entspringend, umringen sich spiralig, von deren Grund sprossen wenige, bald im Wachsthum stillstehende Aeste empor und benachbarte Mycelwucherung bildet rings um die Anlage eine verflochtene Hülle, die sich bald cuticularisirt und dann ziegelroth gefärbt erscheint. Ueber die nähere Structur der Hülle wird nichts gesagt. Die sterile Zelle betrachtet van Tieghem als eine Art von Stützpolster oder Placenta für den jungen Fruchtknäuel, welcher seine Entwickelung mit zahlreichen gelben scheibenförmigen und am Rand mit einer Leiste versehenen Ascosporen abschliesst.

Die Conidienträger des *Gymnoascus ruber* entstehen nach van Tieghem sowohl auf dem Mycel als aus den Hyphen der verflochtenen Hülle und sie sind aus einem septirten Hauptfaden zusammengesetzt, der an den Scheidewänden meist einzellige Aeste trägt, die gegen die Spitze hin wirtelförmig gruppirt sind. Sowohl der Hauptfaden als die verschiedenen Seitenäste erzeugen Ketten ovaler sehr bald abfallender Sporen. Die Conidienträger ähneln nach van Tieghem einem *Verticillium*, sie stellen vielleicht *Verticillium lateritium* (?) vor und ihre Farbe ist ziegelroth wie diejenige der Ascosporenhülle. Die Veröffentlichung van Tieghem's besteht leider nur in einer kurzen Mittheilung; jedenfalls verdient aber die Entwicklungsgeschichte des *Gymnoascus ruber* noch genauere Untersuchung.

---

[1]) l. c.

Wie aus Vorstehendem erhellt, bilden die saprophytischen *Gymnoasceen* bis jetzt nur eine kleine und durchaus nicht homogene Reihe und wir gewahren bei ihnen noch gar viele Lücken, deren Ausfüllung durch neue Arten wünschenswerth sein würde. Ich bin überzeugt, dass man auch bei genauerem Nachsehen noch manche hierher gehörige Pilze entdecken wird, deren Vorkommen allerdings sehr häufig an etwas ungewöhnlichen Nährboden geknüpft zu sein scheint. Während der im abgelaufenen Sommersemester nach dieser Richtung von mir angestellten Untersuchungen konnte ich den Formenkreis durch zwei neue im pflanzenphysiologischen Institut zu Breslau aufgefundene *Gymnoasceen* erweitern, deren eine der Gattung *Gymnoascus* selbst angehört, während die andere so vielfache Abweichungen nachweist, dass sie besser als Repräsentant einer neuen Gattung, die ich *Ctenomyces* (ὁ κτείς, der Kamm) nenne, betrachtet wird.

I. Ctenomyces serratus.

Vorkommen und Mycelentfaltung auf natürlichem Substrat. Während des letzten Winters wurde dem Institut bei Ohlau in einem Teiche gesammelte Schlammerde mit halb vermoderten Blättern und Stengelresten eingeschickt, welche über und über mit Makro- und Mikrosporen von *Salvinia* bedeckt waren und zur Cultur von *Salvinia*pflänzchen dienen sollten. In dieser Sendung befand sich zufällig eine halb verrottete Feder von der in Taf. XII. Fig. 1 abgebildeten Gestalt ($\frac{2}{3}$ nat. Grösse), an welcher ein sehr spärliches weisses Mycelgespinnst sich entwickelt hatte. Um zu sehen, ob vielleicht beim Weiterwachsen dieses Mycel zur Fructification gelangen würde, stellte ich die Feder aufrecht in eine Glasschaale zwischen das Blätterwerk, so dass sie von allen Seiten mit genügender Feuchtigkeit umgeben war. Das Mycel vergrösserte sich darauf zusehends und es wuchs vom Grunde der Feder aus in voller Ueppigkeit an derselben empor. Wenn auch dasselbe zunächst zwar an sich nichts Auffallendes darbot, so konnte ich doch unter dem Mikroskop bemerken, dass es von einem höchst eigenthümlichen und interessanten älteren Mycelzustand seinen Ursprung nahm.

Auf dem Kiele der Feder befanden sich nämlich an verschiedenen Stellen, aber in nicht sehr reichlicher Ausdehnung, Ansammlungen von dicht sclerotiumartig, doch nur in dünner Schichte durcheinander geflochtenen hellbraunen Mycelfäden mit stark verdickten Wandungen, Taf. XII. Fig. 2a, mit zahlreichen Aesten und Scheidewänden; die einzelnen Mycelzellen zeigten in der Nähe der Scheide-

wände sehr häufig knotenartige Auftreibungen, Taf. XII. Fig. 2b. Ein Theil dieses braunen Hyphengeflechtes war bereits, wohl in Folge des Alters, der gallertigen Auflösung nahe, die meisten Hyphen aber erwiesen sich noch als lebensfähig, indem aus ihnen, wie schon erwähnt, an verschiedenen Stellen neue farblose Aeste hervorwuchsen. Das Merkwürdigste aber waren im ersten Augenblick ganz fremdartig erscheinende kamm- oder hakenförmige Auswüchse, welche sich zahlreich von dem Dauermycel erhoben, Taf. XII. Fig. 2c. Der Bau dieser sonderbaren „Krallenhaken" war ein ganz gleichmässiger, am Grunde verschmälert, nach oben jedoch allmählich mehr und mehr verbreitert. Gewöhnlich standen sie als Ausstülpungen in der Mitte einer Mycelzelle, welch letztere gleichzeitig etwas in die Höhe gehoben und gekrümmt wurde, so dass dann die Ansatzstelle des Krallenfadens entfernt das Aussehen eines Vogelfusses erlangte, Taf. XII. Fig. 2d. Von der Tragzelle schied den Faden meistens sogleich eine Scheidewand, doch war die Basalzelle noch nicht von den übrigen Mycelzellen unterschieden. Alle übrigen Zellen aber, meist an Zahl 8—10, besassen und zwar stets nur nach einer Richtung hingewendet, an dem der nächsthöheren Scheidewand anstossenden Theil einen hakig spitzen Fortsatz, bei den untersten kürzeren in seinem ganzen Verlaufe gekrümmt, die obersten längeren nur an ihrer Spitze umgebogen, Taf. XII. Fig. 2e. Wie am ganzen Fadenverlauf war auch die Wand der Haken sehr stark cuticularisirt; die einzelnen Zellen waren vollständig inhaltsleer und die Scheidewände derselben in der Mitte verdünnt, ja meist daselbst mit einem sehr deutlichen Tüpfel versehen. Ich traf jedoch auch einige jüngere Krallenfäden mit wenig verdickter Membran und fast noch ganz farblos. Oefters sind die Haken an der Spitze schief gebogen, wie dies die Taf. XII. Fig. 2f. von vorn gezeichnete Krallenhyphe erkennen lässt und das Ende der ganzen Hyphen zeigt sich nur selten glatt abgeschlossen, sondern fast stets mit Membranfetzen besetzt, so dass also offenbar die meisten in Wirklichkeit noch länger sind als sie das Präparat zeigt und beim Herstellen desselben zerrissen worden waren. Es deutet dies auch darauf hin, dass die Krallenhaken ein Geflecht unter sich bilden, welches dem Mycelpolster zumeist flach aufliegt, was ferner aus dem stets nur einseitigen kamm- oder sägezähnartigen Hervorwachsen der Haken sich zu ergeben scheint. Bei dem spärlichen Material, welches mir von diesen Bildungen zu Gebote stand, konnte ich letztere Frage nicht zur Entscheidung bringen, so viel aber ist gewiss, dass, so ungewöhnlich und auffallend auch die Form der geschilderten Krallenhaken

erscheint, dieselben doch nichts weiter sind als eine besondere Art von Mycelbildung, zum Schutze und zur Verbreitung des Pilzes durch Einhaken an fremde Körper vortrefflich ausgerüstet.

Aeusserer Habitus der Fructificationen von *Ctenomyces.* Kehren wir nun zurück zu dem farblosen und zarten Hyphengespinnst, welches dem Dauermycel als Neubildung entsprossen ist. Nachdem es eine gewisse Mächtigkeit erreicht hatte, begann es in verschwenderischer Weise eine Fülle von Sporen zu entwickeln. Am Federkiel kamen grössere, gruppenweise vereinigte und schneeweisse wie schaumartige Hyphenpolster zum Vorschein, von 2—8 mm im Umfang, in deren lockeren Filz zahlreiche dichtere und kleine Knäuelchen eingeflochten erschienen, Taf. XII. Fig. 1a. Es war dies, wie die mikroskopische Untersuchung lehrte, die Conidienfructification von *Ctenomyces*, die wochenlang ausschliesslich allein auf der Feder anhielt und zwar so, dass der Pilz dabei vom Grunde der letzteren aus immer höher und höher hinaufrückte. Einzelne Knäuelchen rundeten sich selbständig ab, wölbten sich hervor und erschienen als kuglige Körper von $\frac{1}{2}$—$1\frac{1}{3}$ mm Durchmesser. Gegen Ende März bemerkte ich zuerst, dass die weissen Knäuelchen, welche in die am oberen Ende der Feder befindlichen Hyphenpolster eingelagert waren und sich im jungen Zustande von den soeben beschriebenen makroskopisch nicht unterscheiden liessen, späterhin sämmtlich hellgelbe Farbe annahmen, Taf. XII. Fig. 1b, so dass offenbar der Pilz damit eine neue Art von Fructification hervorgebracht hatte. In der That war dies der Fall, denn die zuletzt genannten Knäuel erwiesen sich als die Ascosporenform des *Ctenomyces.* Nach erfolgter Reife isolirten sich diese Ascosporenknäuel von einander, indem das umgebende Mycel verschwand, jeder Knäuel war dann für sich abgeschlossen und sie lagen sämmtlich in einem losen Häufchen über einander, so dass sie einer Gruppe von Raupeneiern nicht unähnlich sahen.

Uebertragung des *Ctenomyces* auf andere Federn. Die ganze Feder war nun von dem Pilze übersponnen, welcher so lebhaft vegetirte, dass man unbeschadet junge Hyphenpolster abnehmen und in allen Zuständen untersuchen konnte, denn schon nach einigen Tagen war an der freien Stelle neue Mycelwucherung eingetreten. Auch gelang es mir mit Leichtigkeit, den Pilz durch Aussaat seiner Sporen auf verschiedene andere Federsorten zu übertragen und zu vortrefflichem Wachsthum zu bringen. Am besten eignen sich für solche Versuche bereits längere Zeit im Freien gelegene Federn, doch erreichte ich die Uebertragung auch auf ganz frisch gerupfte Federn, wenn ich nur zuvor die unter der Glasglocke

anfangs besonders am Federkiel üppige Bacterienvegetation sich hatte erschöpfen lassen. Ist der Pilz aber einmal auf den Federn eingenistet, so kann man ihn Monate lang erhalten und ich besitze noch jetzt üppige Culturen desselben.

Ascosporenknäuel des Ctenomyces.

Reife Knäuel. Jedes nicht zu alte Häufchen der Ascosporenknäuel zeigt letztere in verschieden vorgeschrittenen Reife- und Grössezuständen. Die ausgereiften sind oval oder kugelrund, von $\frac{1}{2}$—$1\frac{1}{2}$ mm Grösse, und unter der Lupe erscheint ihre Aussenseite mit zottigem Haarfilz bekleidet, Taf. XII. Fig. 3a. Isolirt man einen reifenden Knäuel und zertheilt ihn unter dem Präparirmikroskop, so erkennt man eine ungefärbte, sehr dichte und breite, allseitig geschlossene Hülle von trocken fasriger Beschaffenheit, die sich bequem nach allen Seiten hin ausbreiten lässt und einen rundlichen oder stumpf kegelförmigen ausgelappten, schleimigen und schön chrom- bis orangegelb gefärbten grösseren oder kleineren Kern gleich einem Eidotter umschlossen hält, Taf. XII, Fig. 3b. Bei völlig reifen Knäueln verliert der Kern seine zähschleimige Beschaffenheit, er wird pulverig trocken von dem dann frei gewordenen Ascosporenhaufen.

Bei einiger Vorsicht und Mühe kann man die Knäuel in Querlamellen zerlegen, welche ein überaus zierliches Bild darbieten, Taf. XII. Fig. 4. Sogleich bemerkt man im Gegensatz zu *Gymnoascus* den weit vollkommneren und ausgeprägteren Bau des *Ctenomyces:* während dort nur ein ganz dünner löcheriger Ueberwurf von Mycelfäden die Asci auf allen Seiten seines weitmaschigen Netzes unverhüllt hervorsehen lässt, ist hier eine ungleich complicirtere Hülle, eine Fruchtwand, vorhanden, zwar nicht wie ein echtes Perithecium aus Pseudoparenchym, sondern noch aus lose verflochtenen Hyphen zusammengesetzt, stark lufthaltig aber vielschichtig und in Folge dessen überall geschlossen, so dass ohne Auseinandernahme oder Entfernung der Wand direct nichts Näheres über den innern Ascuskern zu ermitteln ist. Letzterer schimmert an reifen Knäueln nur als undeutlich rundliche gelbe Masse durch die farblose Fruchtwand hindurch.

Die Hyphen der Fruchtwand besitzen eine ganz ungewöhnliche, aber für den in Rede stehenden Pilz äusserst charakteristische Gestalt und Zusammensetzung. Man kann lange Stücke mit allen ihren zahlreichen Verzweigungen, mit ihren Spitzen und Zacken freipräpariren, aber nur höchst selten findet man eine ganz kurze Strecke im Faden mit geraden und parallelen Wänden versehen, Taf. XII. Fig. 4. Alle diese Hyphen sind vielmehr bald torulös aus runden

oder rundlich plattgedrückten oder breitbauchigen oder 8artigen Einzeltheilen wie zierlichste Drechslerarbeit geformt, bald sind sie ausschliesslich nur einseitig mit tiefen Buchten und mit hervorstehenden Kämmen und Sägezähnen ausgestattet. Die kürzeren Seitenzweige, welche massenhaft von den Haupthyphen abgehen und nach aussen und innen die Fruchtwand begrenzen, enden gewöhnlich mit dünneren Spitzen, so dass die einzelnen Ketten der Rosenkränze oder die Kammfortsätze alsdann nach oben kleiner und kleiner werden, um endlich mit einem winzigen Knöpfchen abzuschliessen. Sehr häufig findet man aber das Ende des Astes in einen langen, dünnen aber ganz parallelen Faden verlängert, welcher sich in den schönsten und verschiedenartigsten Spiralwindungen aufgerollt hat. Diese Spiralen stehen nur auf der äusseren Seite der Fruchtwand, sie kommen hie und da auch aus Zwischenzellen der langen Hauptäste hervor, fallen übrigens beim Präpariren leicht ab und sind auf manchen Fruchtknäueln sehr häufig, auf andern aber mitunter gar nicht vorhanden. Der Querschnitt in Taf. XII. Fig. 4 zeigt die grosse Mannigfaltigkeit der Fruchtwandhyphen, Taf. XII. Fig. 5 giebt stärker vergrössert ein Bild der häufigsten Vorkommnisse; bei a. befindet sich eine Zelle mit Doppelkamm, wie ich sie mehrmals beobachtet habe, b. zeigt, wie eine torulöse Hyphe in einzelnen ihrer Zellen gleichzeitig in die Kammform übergehen kann. Alle die Fruchtwand zusammensetzenden Hyphen sind gewöhnlich sehr kurz septirt, so dass in der Regel nur ein oder zwei Kämme und Rosenkranzauftreibungen, seltener deren drei und mehr auf eine Zelle kommen. An den langen feinen Spiralfortsätzen konnte ich dagegen in ihrer ganzen Länge keine einzige Scheidewand bemerken. Hauptäste und Verzweigungen der Hyphen verlaufen zum grössten Theil nicht gerade, sondern in grossen Bogenlinien oder sie sind in Form von Bischofstäben eingerollt, Taf. XII. Fig. 4 und Taf. XV. Fig. 38. Für die Zeichnung auf Taf. XII. Fig. 4, habe ich wegen Raummangel und der besseren Uebersicht halber einen Ascosporenknäuel mit ziemlich schmaler und lockerer Hülle ausgewählt. Die Dicke der ganzen Fruchtwand beträgt von 0,05 bis 0,08 mm, die Dicke einzelner Hyphen derselben, welche die gewöhnlichen Mycelfäden in ihrem Durchmesser etwas übertreffen, an den breitesten Stellen durchschnittlich 5—5,5 Mikr. und diejenige der feinen Spiralen 2—2,5 Mikr. Es ist wohl möglich, dass die einseitige Ausbildung der Kämme und Sägezähne wie bei den oben erwähnten Krallenhaken davon herrührt, dass die betreffenden Hyphen durch Druck an der glatten Seite verhindert wurden, daselbst ebenfalls jene Hervorwölbungen zu bilden.

Die Fruchtwand umgiebt trotz vieler Lufthöhlen in geschlossenem Zusammenhang die äusserst zahlreichen und dicht gedrängten Ascusbüschel, welche den Innenraum des Knäuels ausfüllen. Auf dem Querschnitt in Taf. XII Fig. 4 sind die Asci durch die bereits reifen Sporen gelb gefärbt und zwischen den Sporenschläuchen sind mehrfach dünne hin- und hergebogene Fäden zu bemerken. Die Ascosporen können nicht ohne Weiteres wie bei *Gymnoascus* in Freiheit gelangen, da sie von der Fruchtwand zurückgehalten werden; erst nach langsamer Zerstörung und Verwesung der letzteren findet ihr allmähliches Ausstreuen statt.

Nachdem wir die reifen Ascusknäuel von *Ctenomyces* kennen gelernt haben, wende ich mich zur Entstehungsgeschichte derselben, welche in allen Stadien durch geeignete Präparate verfolgt werden konnte.

Entwicklung der Ascosporenknäuel auf natürlichem Boden. Die jungen Hyphenpolster, welche auf der Feder wachsen und mit den allerersten Anlagen der Fruchtknäuel in Form kleinster milchweisser Pünktchen, sowie mit deren weiter fortgeschrittenen Zuständen durchflochten sind, lassen sich leicht in grösserem Umfang völlig rein abnehmen, durch Ausbreiten unter Alkohol von allen anhängenden Luftbläschen befreien und dann durch Ammoniak wieder auf ihren natürlichen Turgor zurückführen, so dass sie vollständig frisch erscheinen und zur Untersuchung durchaus geeignet sind. Es ergiebt sich als primärer Anlagezustand ein kurzer Ast, welcher unmittelbar an der Scheidewand einer Mycelzelle, deren Stellung im Verlaufe der Mutterhyphe jedoch ganz unbestimmt ist, hervorwächst, sich aufrichtet, an der Spitze mässig anschwillt, dabei aber mit seiner Mutterzelle zunächst noch in offener Communication bleibt. Dieser Ast wird fast gleichzeitig von einer Hyphe umrankt, welche entweder der nächsten Zelle desselben Fadens, Taf. XII. Fig. 6—8, oder einem Nachbarfaden, Tafel XIII, Fig. 9, 10, 14, ihren Ursprung verdankt. Beide Hyphen sind prall mit Protoplasma angefüllt, wie überhaupt von jetzt an reichliche Nahrung der jungen Anlage zuströmt. Also auch bei *Ctenomyces* sind beide Primordialhyphen schon im allerjüngsten Zustande verschieden gestaltet; während aber bei *Gymnoascus Reessii* eine schon vorhandene Mycelzelle direct in langem Verlaufe umschlungen wird, ist bei *Ctenomyces* stets ein junger kurzer Ast vorhanden, um welchen sich die Schraube herumwindet.

Beide Anlagehyphen fahren in ihrem Wachsthum fort, doch nimmt bei weitem die grösste Intensität desselben die Schraube in Anspruch,

welche sich als das eigentlich fruchtbare Element, als das Ascogon des künftigen Knäuels erweist, während der keulig aufschwellende Innenfaden kurz und so ziemlich gerade bleibt, um vorderhand nur eine nicht allzu bedeutende Streckung in Länge und Breite durchzumachen. Die Schraube dagegen vollendet rasch ihre Windungen, von einem Umkreis steigt sie auf bis zu sechs- und achtmaliger Umdrehung der Keule, deren Kopf anfangs frei bleibt, Taf. XII. Fig. 6, 7, Taf. XIII. Fig. 9, 10, 12 oder schon im jüngsten Zustand von dem Schraubenende überwachsen wird, Taf. XII. Fig. 8 (von oben gesehen). Das ganze Gebilde erhält von unten an aufwärtssteigend eine ziemliche Verbreiterung, indem die Windungen der Schraube mit zunehmendem Durchmesser der Keule nach oben zu natürlich weitläufiger werden müssen, Taf. XII. u. XIII. Fig. 6—14; es entsteht so meist eine ganz regelmässige Gestalt, etwa wie ein auf die Spitze gestellter Kegel, Taf. XII. u. XIII. Fig. 7 u. 10 oder die Schraube wird durch die früh erfolgende Ausdehnung der Keule schon von Anfang an verschoben und ihre Umdrehungen auseinandergerückt, Taf. XIII. Fig. 9 u. 11. Man erkennt daraus, dass die Schraube verhältnissmässig nur locker der Keule ansitzt, wie man denn auch den obersten Theil derselben, welcher den Keulenkopf überwachsen hat, mitunter nach Belieben durch Drücken auf das Deckglas hin und herbewegen kann.

Während die Keule sehr bald nahezu das Ende ihrer Grössenausdehnung erlangt, ist die Schraube dann erst recht in die lebhafteste Wachsthumsperiode eingetreten. Ihre Windungen werden zahlreicher und die Keule wird jetzt auch kräftiger umfasst, ja mitunder stellenweise gedrückt und eingebogen, Taf. XIII. Fig. 11. Bis zu dem auf Taf. XIII. Fig. 10 dargestellten Zustand ist keine Spur von Scheidewänden an der Schraube erkennbar, von nun an dagegen treten dieselben auf, Taf. XIII. Fig. 11aa, sind aber nur bei schärfster Einstellung und guter Beleuchtung sichtbar, da der Zelleninhalt aufs dichteste mit körnigem gelblich glänzenden Protoplasma erfüllt ist, in welchem besonders zahlreiche und sehr grosse Oeltropfen sich auszeichnen, Taf. XIII. Fig. 11—14, 16 u. 17. Jede Zelle der Schraube dehnt sich nun ihrerseits stark in die Länge und so erfolgt eine neue Verschiebung, indem ganze Windungen aus der gemeinsamen Knäuelansammlung hervortreten und in grosse Entfernungen und in weiten Bogenlinien frei abstehend, mitunter sogar schneckenartig aufgerollt, Taf. XIII. Fig. 16a, sich verfolgen lassen, Taf. XIII. Fig. 12, 13, 14, 17. In dem geschilderten Zustand konnte ich auf dem Mycel an günstigen Objecten oft ganze Gruppen von

jungen Knäuelanlagen dicht neben einander beobachten. Zunächst schreitet die Septirung der Schraube in ausgiebigster Weise weiter fort, besonders in Nähe der deutlich durchschimmernden stets unverzweigten Keule, so dass ihr zunächst in Menge kleine rundlich parenchymatische Zellen entstehen, während an den äussern Hyphen oft noch langgestreckte Zellen sich vorfinden, Taf. XIII. Fig. 13—17. Die einzelnen Zellen beginnen zahlreich und allenthalben auszusprossen; sie treiben gleichdicke und kurze Aeste hervor, Taf. XIII. Fig. 13, 14, 16, 17, welche wiederum sich verzweigen, verflechten und die früheren Schraubenwindungen immer undeutlicher, das Hyphengewirre immer dichter und umfangreicher gestalten.

Nur die untersten Verzweigungen der Schraube wachsen in lange mycelartige und schliesslich verästelte Fäden aus; sie dienen, so weit es in dem Massengeflecht unterscheidbar ist, ähnlich wie die als secundäres Mycel an der Stielbasis vieler *Hymenomyceten* vorhandenen Rhizoïden, dem Knäuel als Stütz- und Anheftungspunkte an den Boden, Taf. XIII. Fig. 13 und 14a, 17aaa. Der ganze übrige Theil aller Schraubenwindungen ist dagegen bestimmt, die Ascusbüschel hervorzubringen.

Was aber die im Centrum befindliche Keule betrifft, so hat auch sie sich bereits längst vom Tragfaden durch eine Scheidewand abgetrennt, Taf. XIII. Fig. 11, 16, und an günstigen Objecten kann man ersehen, dass sie zwei-, seltener dreizellig geworden ist. Die oberste Zelle ist am umfangreichsten, bei älteren Anlagen schwillt sie kuglig auf, sie erscheint ziemlich inhaltsleer und stellt die von Baranetzky und van Tieghem für *Gymnoascus* angegebene sterile Zelle dar. Ein Längsschnitt auf Taf. XIII. Fig. 15 zeigt die Keule dreizellig, zu oberst die sterile Zelle, das Ganze umgeben von pseudoparenchymatischen, aus der Theilung der Schraube hervorgegangenen Hyphenzellen. An den unteren Zellen der Keule konnte ich öfters wie bei *Gymnoascus* lappige Ausstülpungen und die für jenen Pilz von genannten Forschern erwähnten Auswüchse bemerken, Taf. XIII. Fig. 15, 16 bei b.

Die Untersuchung der weiter folgenden Zustände des Pilzes wird von immer grösseren Schwierigkeiten begleitet, welche hauptsächlich in der ausserordentlich zarten und empfindlichen Beschaffenheit des jugendlichen Gebildes ihre Ursache haben. Ich kann rascher an denselben vorübergehen. Schon die Einwirkung des Wassers zerstört und corrodirt die zarten Theile des Knäuels und auch Anwendung von Eiweisslösung oder die von Baranetzky empfohlene 10% Kaliflüssigkeit brachte mir vor der Behandlung mit Alkohol

und Ammoniak keinen wesentlichen Vortheil. Der Knäuel ist eben in diesem Zustande nur eine weiche plastische Protoplasmamasse mit lebendigstem Bildungstrieb, die erst allmählich bei beginnender Reife wieder Festigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen fremde Eingriffe erlangt. Um also über das weitere Verhalten der Anlagen so viel wie möglich in's Reine zu kommen, bleibt nichts übrig, als unter dem Simplex dieselben mit der Nadel zu zertheilen und aus solchen Bruchstücken, welche stellenweise ziemlich unverändert geblieben sind, die Entwickelung zusammenzusetzen. So habe ich die Fig. 18—21 auf Tafel XIII. hergestellt. Wie bei *Gymnoascus* findet immer weiter gehende Verflechtung und Theilung im Knäuel statt, junge Aeste brechen nach allen Richtungen, oft dichotom und wirtelig, hervor, sie verwickeln sich mit einander auf's innigste und die letzten Endigungen dieser zahllosen Verzweigungen schwellen schliesslich breit lappenförmig auf, um dann unmittelbar in die Ascusbildung einzutreten. Eine grössere Anzahl von Hyphen, überall in den Knäuel eingestreut, bleibt jedoch stets an diesen Vorgängen unbetheiligt, Taf. XII. Fig. 4, Taf. XIII. Fig. 21a; vielleicht sind dies die Reste der eigentlichen Ascusträger.

Die Asci entstehen in so grosser Menge und so dicht gedrängt nebeneinander, dass sie sich gegenseitig polyëdrisch plattdrücken, Taf. XIII. Fig. 22; man kann sagen, dass mit Ausnahme der zuletzt genannten übrig bleibenden Hyphen der ganze Innenraum des Knäuels in diesem Zustand eine einzige Ascusmasse vorstellt. Bei *Ctenomyces* erfolgt jedoch mit grosser Regelmässigkeit die Reife sämmtlicher Asci eines Knäuels stets vollkommen gleichzeitig und je mehr dieselbe vorschreitet, desto mehr runden sie sich gegenseitig ab. Es war mir völlig unmöglich, Stiele an den Sporenschläuchen zu entdecken; ich kann daher nur annehmen, dass die Stiele entweder ganz ungewöhnlich dünn sind und bald sich auflösen, oder dass die Asci der Stiele gänzlich entbehren; in letzterem Falle müssten sie dann, so lange sie der Nahrung bedürfen, den plasmazuführenden Hyphen mit breiter Basis aufsitzen. Reifende Sporenschläuche trennen sich übrigens beim Präpariren sehr leicht von einander, doch stets so, dass eine Anzahl durch Schleim verbunden, zusammenbleibt; die Sporenbildung geht dabei ziemlich rasch in den Asci vor sich und es ist nicht gar leicht, Knäuel zu finden, in welchen dieselbe eben ihren Anfang nimmt. In solchen Knäueln aber bilden die noch unreifen Sporenschläuche glänzend weisse, reichlich Plasma führende Massen und da die einzelnen Asci sehr klein sind und einen Durchmesser von 4—5 Mikr. und eine Länge von 5 Mikr. besitzen, also

so gut wie rund sind und mit dem Durchmesser der kammartigen und torulösen Hyphen der Fruchtwand nahezu übereinstimmen, so könnte man ohne Entwicklungsgeschichte leicht auf die falsche Vermuthung kommen, dass sie nichts weiter seien, als die abgetrennten Glieder dieser Fruchtwandfäden.

Noch bleibt mir, bevor ich auf die Ascosporen selbst zu sprechen komme, ein sehr wichtiger Bestandtheil der Knäuel — die Entstehung der Fruchtwand — zu schildern übrig. Dieselbe wird sehr frühzeitig angelegt; bereits in den Taf. XIII. Fig. 12—14 abgebildeten Zuständen wird die junge Anlage von den allerersten Anfängen der Hülle schützend überflochten. Zahlreiche Mycelfäden rings um die Anlage beginnen eine ausserordentlich üppige Verzweigung, die Zweige sind zuerst äusserst zart, erstarken jedoch mehr und mehr und sie unterscheiden sich durch ihre Form ganz wesentlich von dem übrigen Mycelium. Taf. XIII. Fig. 23 stellt eine solche bereits grösser gewordene Hüllhyphe noch in Verbindung mit dem Mutterfaden dar. Es sind geweihartig verzweigte Mycelfäden, deren zugespitzte Seitenäste immer aufs Neue sich verzweigen; häufig ist der Hauptast eingerollt und die Seitenzweige werden ohne bestimmte Ordnung entwickelt, doch mit Vorliebe zunächst einseitig, so dass sie von der Knäuelanlage nach allen Seiten gleich spitzen Palissaden abgerichtet sind. In kurzer Zeit ist der ascogene Kern des Knäuels von diesen Hyphen eingehüllt, welche fortgesetzt reichlicher und dichter werden und unter sich selbst wieder nach allen Richtungen verflechten. Schon an halberwachsenen Knäueln ist aber die anfangs spitze geweihartige Verzweigung der Hüllfäden nicht mehr wahrzunehmen, denn letztere besitzen bereits Breite und Dichte genug, um den innern Kern von der Aussenwelt wohl geborgen abschliessen zu können. Die Hyphen der Hülle haben ihr Aussehen total verändert, Taf. XIII. Fig. 24; sie haben sich abgerundet, in kurze Glieder getheilt und die Bildung der Kämme und Sägezähne sowie der torulösen Auftreibungen ist bereits auf allen Seiten im Gange. Die vorher geraden Wände haben wellige Contouren bekommen, einseitig zur Einleitung der Kammbildung, Taf. XIII. Fig. 24a, beiderseits Fig. 24b, wenn an den betreffenden Stellen die Rosenkranzketten entstehen sollen. Die meisten Endäste der Hyphen bestehen aber noch aus langen und dünnen, in unregelmässigen Korkzieher- oder Spiralwindungen lockenartig gedrehten und durcheinander gewirrten Auswüchsen, Taf. XIII. Fig. 24c, die aber sämmtlich weiterhin ebenfalls die bereits genannten morphologischen Umwandlungen in die gewöhnlichen Hüllfäden erfahren. Die eben erwähnten Spiraläste sind besonders an der

Spitze junger Knäuel zu finden und wenn man die Fruchtwand eines solchen von oben angefangen vorsichtig auseinanderlöst, so gelingt es, lange Stücke mit allen Verzweigungen frei zu bekommen, welch letztere sämmtlich von einem Hauptaste aus, Taf. XIII. Fig. 24d, hervorgewachsen sind. Man bemerkt, dass die endgültige Ausbildung der Fruchtwand von der Basis zur Spitze vorschreitend erfolgt und von dem in Taf. XIII. Fig. 24 gegebenen bis zu dem fertigen Zustand in Taf. XII. Fig. 4 haben die Hüllhyphen nur noch eine kurze Strecke zurückzulegen. Die Fruchtwand ist von Anfang an stets farblos und nur bei völlig überreifen Knäueln erhält sie ganz schwach schmutzig gelbe Verfärbung, während in der Mitte des Knäuels die Ascosporen als dunkelgelbe Masse hervorschimmern. Niemals findet aber Bräunung und Cuticularisirung der Fruchtwand statt, wie es umgekehrt bei den *Gymnoascus*-Arten die Regel ist.

Bei *Ctenomyces* wird ferner jede einzelne Knäuelanlage für sich mit einer besonderen Fruchtwand übersponnen; doch begegnete mir unter der grossen Zahl der untersuchten einmal ein Knäuel, welcher im Innern fünf gesonderte Ascosporenkerne zeigte, so dass also in diesem Ausnahmefall fünf Anlagen unter gemeinsamer Fruchtwand sich vereinigt hatten.

Was nun die definitive Entstehung der Ascosporen betrifft, so tauchen vor dem Erscheinen derselben, dem gewöhnlichen Vorgang bei den *Ascomyceten* entsprechend, dunklere Protoplasmaheerde von helleren Zonen umgeben in den Sporenschläuchen auf, welche sich durch Membranausscheidung bald schärfer begrenzen, um schliesslich die reifen Sporen zu liefern. Gleichzeitig bekommt die ganze Ascusmasse einen hellgelblichen Anflug und die gelbe Farbe steigert sich mehr und mehr, bis sie endlich in das Chrom- bis Orangegelb der reifen Sporen übergeht, Taf. XII. Fig. 4, Taf. XV. Fig. 35. Die Ascosporen werden zu je 8 in einem Sporenschlauch angelegt; die Membran des letzteren ist von Anfang an sehr dünn und zart, sie verschleimt sehr bald und verschwindet, während die Sporen grösstentheils mit einander zu einer kleinen Gruppe verklebt bleiben.

Die Ascosporen sind rundlich cylindrisch mit äusserst zarter, dünnwandiger Membran versehen, und ganz ausserordentlich klein; unter den bei *Ascomyceten* bekannten besitzen sie vielleicht die geringste Grösse. Sie lassen sich daher nicht mehr genau messen; ihre Länge beträgt ungefähr 2 Mikr., ihre Breite 0,9 — 1,1 Mikr. In Wasser gebracht quellen sie äusserst rasch, schon nach wenigen Minuten werden sie unter bedeutender Volumenzunahme oval und alsbald runden sie sich völlig ab, wie Taf. XV. Fig. 36 zeigt; bei a.

befinden sich die bereits aufgequollenen Sporen noch im Ascus vereinigt, dessen Membran sich in einen Schleimhof verwandelt hat, bei b. haben sich die 8 Sporen bereits getrennt und die Quellung ist weiter fortgeschritten. Auch jede einzelne Ascospore ist nun mit einem zarten Schleimhof umgeben, der besonders deutlich auf Zusatz verdünnter Anilinfarben hervortritt. Die gequollene Spore erreicht sammt ihrem Schleimhof schliesslich nahezu die Grösse eines noch ungequollenen reifen Sporenschlauches.

Cultur der Sporen von *Ctenomyces* in Mistabkochung. Keimung und Mycelbildung. Die Keimung der Ascosporen gelingt sehr leicht nach erfolgter Aussaat in Flüssigkeiten, so dass sie schon innerhalb 24 Stunden fast sämmtlich auskeimen; als Nährlösung für den Pilz erwies sich Pferdemistabkochung am zweckmässigsten. Die Keimung erfolgt in gewöhnlicher Weise: aus der gequollenen Spore, an der ein Exosporium nicht zu unterscheiden ist, tritt an einem Ende ein dünnerer Keimschlauch hervor; ebenso häufig sind Fälle, wo zwei Keimschläuche gleichzeitig entwickelt werden, Taf. XIV. Fig. 27a. und b. Der Keimschlauch verlängert sich sehr rasch, septirt sich und verzweigt sich schon nach wenigen Tagen zu einem grösseren Mycelium, welches vom Ausgangspunkt der Sporen strahlig nach allen Richtungen hin im Nährtropfen sich verbreitet, Taf. XIV. Fig. 28 u. 29.

An den älteren Theilen des erzogenen Myceliums tritt bald Bräunung der Hyphen ein und die Aeste besitzen an vielen Stellen flaschenartige Auftreibungen. Nach Verlauf von etwa 6 Tagen entwickeln sich zahlreiche dünne Aeste an allen Punkten, welche sonderbar verkrümmt und hin und her gebogen sind, kurz bleiben und meist senkrecht vom Mutterfaden abgehen. Diese Aeste wachsen an zahlreichen Stellen auf die Nachbarhyphen zu und verschmelzen mit ihnen, doch sind auch an den gewöhnlichen geraden Hyphen hie und da Anastomosen wahrzunehmen. Im Ganzen gedeiht das Mycel von *Ctenomyces* in dem Mistdecoct ganz gut, obwohl die baldige Bräunung der Hyphen und die Bildung der eben erwähnten knorrig verbogenen Aeste als Folge einer nicht für alle Bedürfnisse ausreichenden Nahrung betrachtet werden müssen. Das Mycel besitzt ganz besondere Neigung, an vielen Punkten aus dem Nährtropfen sich zu erheben und auf demselben ein reichliches Luftmycel hervorzubringen. Bald sind es nur einzelne Hyphen, welche langgestreckt über den Spiegel der Flüssigkeit hinwachsen, bald entsteht eine Localwucherung zahlreicher Fäden, so dass ganze Gruppen als weisse Büschel vom untergetauchten Mycel frei in die Luft hinaus-

gesendet werden, die bei durchfallendem Licht umgekehrt als undurchsichtig schwarze Knäuel erscheinen, Taf. XIV. Fig. 28a. Endlich aber werden auch zahlreiche auf die Fortpflanzung des Pilzes bezügliche Gebilde angelegt, deren Beschreibung ich unmittelbar folgen lasse.

Knäuelanlagen auf künstlich erzogenem Mycel. Niemals ist es mir gelungen, durch künstliche Cultur auf dem Objectträger reife Ascusknäuel von *Ctenomyces* heranzuziehen. Allerdings habe ich den Versuch nicht gemacht, durch fortgesetzte Erneuerung des Nährtropfens für immer frische Nahrungszufuhr zu sorgen und es ist wohl möglich, dass dieses etwas umständliche und mühselige Hülfsmittel zum Ziele führen würde. Denn die Anlagen von Knäueln entstehen in der Mistabkochung sehr zahlreich, aber ihr Bildungsgang ist gänzlich verschieden von dem, wie ich ihn normal auf dem natürlichen Boden, der Feder, beobachtet habe.

Etwa 5—6 Tage nach erfolgter Sporenaussaat bemerkt man schon bei schwächerer Vergrösserung auf vielen der herangewachsenen Mycelien, aber durchaus nicht auf allen, wie an zahlreichen Stellen und stets innerhalb des Nährtropfens, eigenthümliche Verflechtungen vor sich gehen, häufig an den Kreuzungspunkten zweier Mycelfäden befindlich und einem mehrfach geknüpften Bindfaden täuschend ähnlich gestaltet, Taf. XIV. Fig. 28b. Wenn auch die Stellung an den Kreuzungspunkten nicht constant ist, so geht doch daraus hervor, dass in vielen Fällen am Zustandekommen jener Knoten zwei verschiedene Hyphen betheiligt sind. Mit stärkeren Systemen betrachtet, ergiebt sich nun Folgendes:

Die Knoten werden durch Auswüchse derselben oder benachbarter Mycelfäden hervorgebracht, welche sich innig um einander herumschlingen, Taf. XIV. Fig. 30. Es betheiligen sich daran, wie es schien, zwei Hyphen, deren eine zumeist keulig und kurz ist, die andere aber mehr fadenförmig sich verlängert, um in mehreren Windungen um erstere herumzulaufen, Taf. XIV. Fig. 30a. b. c. Mitunter aber sind beide Hyphen gleich von Anfang an keulig aufgeschwollen, Fig. 30d. Das am meisten Auffallende an diesen Bildungen sind die kurzen lappigen Auswüchse, welche sowohl die Keule als die Spirale auf allen Seiten unregelmässig hervortreiben und die welligen Contouren der betheiligten Hyphenfäden, ein Umstand, durch den die Deutung der Verknäuelungen ganz ungemein erschwert wird. Anfangs sind sie vollkommen farblos, doch nehmen sie bald an der Mycelbräunung Antheil; trotzdem erreichen einzelne der Knäuel ziemlich beträchtliche Grösse und an der die Keule umschlingenden

Spiralhyphe wird dann Septirung erkennbar, Taf. XIV. Fig. 30c. Nicht selten entstehen die Knäuel unmittelbar an den oben erwähnten knorrig verbogenen Hyphenästen, Taf. XIV. Fig. 30e.

Es ist wohl kaum zweifelhaft, dass wir es hier mit den Anlagen von Ascusknäueln zu thun haben. Ohne Kenntniss der wirklichen Entstehungsgeschichte derselben möchte es freilich schwer sein, diese Bildungen zu erklären. Die Elemente der Knäuel sind ja hier ganz abnorm geworden, wie krankhaft aufgeschwollen und ihr Wachsthum äussert sich nicht gleichmässig schnell wie bei den kräftigen und gesunden Anlagen auf der Feder, sondern nur in einzelnen Anläufen, indem die lappigen Auswüchse vorgetrieben werden; von Entstehung einer Hüllenbildung aus den benachbarten Mycelfäden ist keine Rede und nach erfolgter Bräunung stockt jede Weiterentwicklung. Dennoch sind diese Gebilde ein lehrreiches Beispiel und zwar für den Satz, dass die Pflanzen in künstlichen Nährflüssigkeiten nur bei genauer Befriedigung ihrer Lebensbedingungen wirklich normal gedeihen können. Die Nährflüssigkeiten sind ja für Beobachtung einer Menge entwicklungsgeschichtlicher Einzelheiten, besonders bei Pilzen, ganz unentbehrlich, aber bei unserer geringen Kenntniss über genannte Faktoren könnte ohne gleichzeitige Untersuchung der Pflanze auf natürlichem Substrat die künstliche Wassercultur gar oftmals zu Irrthümern Veranlassung geben.

Conidienfructification des Ctenomyces.

Nachdem wir uns bisher nur mit den Ascusknäueln des *Ctenomyces* beschäftigt haben, ist es Zeit, noch eine andere bei diesem Pilz vorhandene Fortpflanzungsweise kennen zu lernen.

Er besitzt nämlich, wie ich bereits Anfangs erwähnt habe, Conidien und wie *Ctenomyces* im Bau seiner Ascusknäuel am vollkommensten unter allen *Gymnoasceen* dasteht, so ist dies auch der Fall mit seiner Conidienfructification. Denn nicht bloss an freien Trägern entsteht dieselbe, sondern die Conidien findet man auch eingeschlossen in eine Hülle, in eine Fruchtwand, von der nämlichen Beschaffenheit wie diejenige der Ascusknäuel. Es sind also vollständige Conidienknäuel vorhanden und ich habe dieselben auf den Federn, aber auch in künstlichen Culturen massenhaft erzogen. Die Art der Conidienbildung bei *Ctenomyces* macht eine aufsteigende Skala durch: einfache Hyphen, Ansammlungen derselben zu dichten Rasen und endlich in die Conidienknäuel eingeschlossen. Betrachten wir der Reihe nach diese verschiedenen Formbildungen.

Einfache Conidienhyphen. Wenn nach Aussaat von Sporen, gleichviel ob es Ascosporen oder Conidien waren, im Nährtropfen ein grösseres Mycel herangewachsen ist, so erscheinen auf demselben mit der Zeit gewöhnlich alle drei der soeben genannten Conidienfructificationen, Taf. XIV. Fig. 29a, b, c. Ich habe angegeben, dass bei solchen Culturen ein besonders reiches Luftmycel über die Oberfläche der Flüssigkeit hervortritt und dieses Luftmycel ist auch an der Conidienbildung ganz hervorragend betheiligt. Lange vereinzelte und verzweigte Hyphen ranken sich weithin in unregelmässigen Linien nach allen Seiten, Taf. XIV. Fig. 29a, und sie sind es, welche die einfachste Form der Conidienträger vorstellen, Taf. XIV. Fig. 31a. Seitlich, rechts und links, auch an den Enden kurzer Aeste, doch ohne erkennbare gesetzmässige Folge, bald einander gegenüber bald abwechselnd am ganzen Faden entlang, werden von diesen Hyphen stets in der Luft die Conidien hervorgebracht. Letztere sind auf kurzen und meist senkrecht vom Tragfaden abstehenden Stielchen befestigt, sie sind länglich keulenförmig, einzellig, zartwandig, farblos, mit glänzendem Protoplasma angefüllt und durch eine Scheidewand vom Stielchen abgetrennt, Taf. XIV. Fig. 31a. Zum Zweck des Entstehens der Conidie schwillt das Stielchen einfach an seiner Spitze an, das Plasma fliesst in die Anschwellung über und dieselbe separirt sich nach entsprechender Vergrösserung als selbstständiger Fortpflanzungskörper. Bei eingetretener Reife fallen die Conidien sehr leicht ab und sind sogleich keimfähig, indem sie nach erfolgter Quellung einen oder seltener zwei Keimschläuche hervortreiben, Taf. XIV. Fig. 32. An demselben Tragfaden befinden sich die Conidien in verschiedenen Reifezuständen, Taf. XIV. Fig. 31a; ausgereift beträgt ihre durchschnittliche Länge 5,5—6,5 Mikr., ihre Breite 2—3 Mikr. Auf den Federn habe ich diese einfachen Conidienträger sehr häufig vorgefunden, auf diesem günstigeren Nährboden sind jedoch die Conidien nicht selten etwas grösser und mitunter sogar zweizellig. Dieselbe Conidienform des *Ctenomyces* ist mir auch einmal spontan auf einem alten Filzstück begegnet.

Gruppenweise vereinigte Conidienstände. Die in weissen Büschen gruppenförmig hervortretenden Luftmycelien sind gewöhnlich Anfänge der rasenartig zusammengedrängten Conidienstände, Taf. XIV. Fig. 29b, Taf. XV. Fig. 37. Wenn schon die einfachen Conidienhyphen reichliche Verzweigung besitzen, so ist bei dieser zweiten Form von Conidienfortpflanzung dasselbe um so mehr der Fall. Die Zweigbildung geht weit umfangreicher vor sich, dieselbe ist aber ganz besonders noch dadurch ausgezeichnet, dass von den Hauptästen

fast immer im rechten Winkel die Seitenäste entspringen, auf diesen stehen wieder senkrecht, oft gleichzeitig mehrere jüngere Aeste und letztere verwandeln sich entweder bereits in der oben beschriebenen Weise in die farblosen Conidien sammt deren Stielen oder die Verzweigung wiederholt sich nochmals in der angegebenen Weise. Taf. XIV. Fig. 31b, Taf. XV. Fig. 37. So schieben sich die sparrigen, mit Rücksicht auf ihre nächstjüngeren Aeste fast durchaus senkrecht gerichteten Hyphen zahlreich in wirrem Gedränge durcheinander und gliedern eine grosse Menge Conidien ab, von demselben Bau wie die oben erwähnten, nur etwas kleiner. Taf. XV. Fig. 37. Auch sind die Hyphen dieser gruppenartig vereinigten Conidienstände oft von äusserst feiner, dünner und zarter Beschaffenheit.

An den bereits mehrere Wochen alten Culturen im Mistdecoct, welche in allen Formen und Grössen, von der Vereinigung nur einzelner bis äusserst zahlreicher Hyphenäste die Gruppen-Conidienträger beherbergten, entstanden sowohl frei als rings um die letzteren vom Mycel aus in grosser Anzahl äusserst zierliche, in den elegantesten Bogenlinien, Spiralen und Bischofstäben gekrümmte lange Hyphenfäden, Taf. XIV. Fig. 33 und Fig. 29. Diese schön geschwungenen nnd eingerollten Fäden waren sehr zart und dünn, blieben stets farblos und waren fast immer nur ausserhalb des Nährtropfens in die Luft erhoben zu finden. Taf. XV. Fig. 37 muss man sich mit einem Kranze solcher Spiralbogen umzogen denken, denn dieselben sind nur der Raumersparniss halber weggelassen worden.

Conidienknäuel. Zum Schluss bleibt noch die vollkommenste Form von Conidienentstehung, der Conidienknäuel, übrig, auf dessen Bau der Pilz wieder seinen ganzen Formenreichthum verwendet. Zopf[1]) beschrieb bei *Fumago* den Uebergang einfacher Conidienstände in immer complicirtere Gebilde, zuletzt in förmliche Pycniden-Gehäuse; bei *Ctenomyces* kann man einen verwandten Fall in allen seinen Zwischenstufen aufs schönste beobachten. Die Conidienknäuel finden sich wie alle übrigen Conidienformen des Pilzes auf der Feder und zwar waren sie darauf besonders üppig, ja eine Zeitlang im ersten Beginn des Wachsthums von *Ctenomyces*, wie schon Eingangs erwähnt, die alleinigen Reproductionsgebilde auf diesem Substrat. An Grösse stehen sie den Ascosporenknäueln kaum nach und makroskopisch von aussen betrachtet, sind sie zumal in jüngeren Zuständen durchaus nicht von denselben zu unterscheiden.

---

[1]) W. Zopf, Die Conidienfrüchte von *Fumago*. N. A. d. Leop. Ak. B. XL. No. 7. Halle 1878.

Die Fruchtwandbildung zeigt sowohl bei den Conidien- als bei den Ascosporenknäueln völlig gleichartigen Bau und Ursprung. So wäre mir der Widerspruch ohne Zuhülfenahme der Cultur des Pilzes in Nährlösung wohl schwer lösbar geworden, wie sich diese beiden Knäuelarten mit ihrem so verschiedenwerthigen Inhalt zu einander verhalten mögen. Auf dem Objectträger gelingt es aber leicht, die Entwicklungsgeschichte der Conidienknäuel in allen ihren Zuständen kennen zu lernen.

Die Conidienknäuel sind von allen Conidienformen des *Ctenomyces* diejenigen, welche zu allerletzt, nach Verlauf einiger Wochen erst von der Aussaat an, im Misttropfen zur Ausbildung kommen, Fig. XIV. Fig. 29c., und zwar erscheinen ihrer gewöhnlich nur wenige in derselben Cultur; dieselben sind dazu in diesem Fall nur von geringer Grösse, höchstens $\frac{1}{2}$ mm und bilden sich auf der Flüssigkeitoberfläche, als winzige schneeweisse Knäulchen in die Luft ragend. Taf. XV. Fig. 38 stellt den Querschnitt eines künstlich erzogenen reifen Miniatur-Conidienknäuels von so geringem Umfange dar, dem gegenüber die kräftigsten Exemplare auf der Feder bis $1\frac{1}{3}$ mm im Durchmesser erlangen können. Die Hülle dieses Zwergknäuels ist dünn und ärmlich im Vergleich zu dem üppigen Wachsthum der grossen Formen; nur wenige der meist rund gebogenen Säge- und Kammhyphen umhüllen den Conidienkern, aber man kann noch vortrefflich den Ursprung der Hülle aus benachbarten Mycelfäden ableiten. Dem Bau und der Entstehung der Hülle bei wohl ausgebildeten Conidienknäueln, wo sie zur breiten und dichten Fruchtwand gediehen ist, habe ich keine weitere Beschreibung hinzuzufügen, denn Beides wird von den nämlichen Umständen und Formelementen begleitet, wie ich sie bei Schilderung des Ascusknäuels angegeben habe. Einige Sägezähnfäden in Taf. XV. Fig. 38 bei a ähneln jungen Zuständen der Eingangs beschriebenen Krallenhaken, welche ich übrigens nur auf der ursprünglichen alten Feder, dagegen weder auf neu mit dem Pilz inficirten Federn noch auch bei den künstlichen Culturen wieder angetroffen habe. Es scheint das Vorkommen derselben eine sehr lange Entwicklungsperiode vorauszusetzen.

Im Innern junger Conidienknäuel findet man die Conidienträger mit ihren charakteristischen Verzweigungen, wie ich sie oben bei den dichten Conidienständen beschrieben habe, angehäuft; dieselben schnüren massenhaft Conidien ab, in reifen Knäueln verschwinden sie grösstentheils durch Verschleimung und dann sind die Conidienknäuel über und über mit den abgefallenen farblosen, leicht keimfähigen Sporen angefüllt.

Damit sind wir am Ende der Entwicklungsgeschichte dieses interessanten Federpilzes angelangt, dem ich als einzig bekannter Species der Gattung *Ctenomyces* den auf die charakteristische Form seiner Hyphenbildungen am Mycel und an den Reproductionsorganen bezüglichen Namen *Ctenomyces serratus* gegeben habe.

Ich will nur noch in Betreff der Wachsthumsverhältnisse des Pilzes bemerken, dass mir auf dieselben die Gegenwart grösserer oder kleinerer Mengen Feuchtigkeit von Einfluss zu sein schien. Als ich die inficirte Feder anfangs in sehr feuchter Umgebung hielt, wurden nur Conidien- und keine Ascusknäuel erzeugt, dagegen begann die Entstehung der letzteren sehr bald und zwar ausschliesslich, als das überflüssige Wasser verdunstet war. Derselbe Vorgang wiederholte sich bei erneuerter Befeuchtung, und auch bei der nun zu beschreibenden *Gymnoascus*-Species habe ich den gleichen Einfluss der Feuchtigkeit auf Production der Ascushäufchen zu bemerken geglaubt. Ganz ähnliche Erscheinungen, bestehend im Ausbleiben der gewöhnlichen Sporenketten und der Fruchtkörper, begegneten mir bei meinen Culturen von *Sporendonema casei* Desm. [1]), dessen Mycel in sehr verdünnten Nährtropfen und bei starkem Wassergehalt der umgebenden Luft ausschliesslich nur die schön rothen *Oidium*-artig aneinandergereihten und in Haken, Schnecken oder Spiralen aufgerollten Sporenketten ausbildete. Für die Samen zahlreicher *Phanerogamen* habe ich das Ausbleiben der Keimung in Folge zu grosser Wassergegenwart und die Nothwendigkeit der Regulirung des Feuchtigkeitsgrades beim Keimungsprocess vor längerer Zeit nachgewiesen [2]). Bei den Pilzen liegen aber wohl andere Ursachen als wie bei dem zuletzt genannten Falle zu Grunde.

Die Aufstellung der neuen Gattung *Ctenomyces* dürfte sich hinreichend aus den angeführten grossen Unterschieden von *Gymnoascus* rechtfertigen. Wie erwähnt, hat der beschriebene Pilz eine aus mehreren (5 — 10) Hyphenlagen aufgebaute Hülle, welche ich wegen ihrer Breite und ihres daraus resultirenden continuirlichen Zusammenschliessens rings um den Ascuskern als Fruchtwand bezeichnet habe. Wenn aber *Ctenomyces* seinen Platz dennoch bei den *Gymnoasceen* findet, so beruht dies, abgesehen von seiner sonstigen Entwicklungsgeschichte, in der stark lufthaltigen, äusserst lockeren und

---

[1]) Bot. Ztg. 1880 No. 31.

[2]) Jahresber. d. schles. Ges. f. vaterl. Cultur für das Jahr 1877. Bot. Section S. 119.

leicht zu zerfasernden Beschaffenheit dieser Fruchtwand, für welche wir meines Wissens bei andern *Ascomyceten* kein Analogon vorfinden.

Der Gattungscharakter *Ctenomyces* wird demgemäss folgendermassen lauten:

„Fruchtwand des Ascusknäuels nicht cuticularisirt, allseitig geschlossen, farblos, höchstens schwach gelblich, aus fasrig verwebtem locker vielschichtigem kamm- oder rosenkranzförmigem Hyphengeflecht zusammengesetzt, allerdings noch mit zahlreichen Lufthöhlen durchzogen, aber dem Perithecium der höheren *Ascomyceten* unter allen *Gymnoasceen* am meisten genähert.

Anlage der Ascusknäuel durch zwei Hyphen, die eine als keuliger Mycelast, die andere als umwindende ascogene Schraube gestaltet; jede Anlage wird fast ausnahmslos mit einer eigenen Fruchtwand umgeben. Asci und Ascosporen sehr klein und zart, letztere sämmtlich gleichzeitig in demselben Knäuel heranreifend.

Conidien auf einfachen Trägern, einzeln in Gruppen oder in geschlossenen Conidienknäueln entstehend."

II. Gymnoascus uncinatus.

Vorkommen und äusseres Ansehen. Durch Zufall bekam ich im April dieses Jahres eine grössere Menge von Sperlingkoth, welche ich sofort für Pilzculturen in dem feuchten Raum einer Glasglocke auslegte. Die erste Vegetation war darauf bereits längst vorüber und zerfallen, eine weisse *Stysanus*art allein noch wuchs unermüdlich weiter, da bemerkte ich zuerst Mitte Juni hier und dort schneeweisse zarte Flöckchen von sehr geringer Grösse über die ganze Fläche des Kothes hin ausgestreut. Es ergab sich alsbald, dass ich es mit einem *Gymnoascus* zu thun hatte, aber von ganz besonderer Form und abweichend von den bisher beschriebenen Arten dieser Gattung. Der Fund war mir um so willkommener, als ich gerade vollauf mit Untersuchung des *Ctenomyces serratus* beschäftigt war und nun bequem lebende Repräsentanten der beiden Gattungen mit einander vergleichen konnte.

Die weissen Flöckchen zeigten an ihrer ganzen Oberfläche radial abgerichtete Hyphen, sie standen bald einzeln bald zu mehreren gesellig bei einander und sie hoben sich ohne weiter erkennbares Mycel scharf ab von dem dunklen Grunde ihres Nährbodens. Immer neue entwickelten sich als winzige kaum mit der Lupe erkennbare Pünktchen, während die älteren sich vergrösserten, $\frac{1}{2}$—$\frac{3}{4}$ mm im

Umfang erreichten, erst hellgelb, dann dunkelgelb, endlich orange sich färbten, um so nach Verlauf mehrerer Tage bereits in den Zustand ihrer Reife einzutreten.

Mikroskopische Structur der reifen Häufchen. Wenn man ein ausgereiftes Häufchen dieses *Gymnoascus* bei schwacher Vergrösserung betrachtet, so zeigt es unregelmässig rundliche Gestalt, von seiner ganzen Peripherie gehen zahlreiche lange und zierliche Hakenbildungen ab, in seinem Innern erscheinen dichte orangefarbene Gruppen angesammelt, Taf. XV. Fig. 39. Letztere erweisen sich als die Sporenmassen, durch Resorption der Ascusmembranen zwar bereits frei geworden, aber fast sämmtlich noch mittelst Schleim in Klümpchen zu je acht zusammengehalten; die Haken aber sind Bestandtheile des orangefarbenen äusserst lockeren und dünnen Mycelnetzes, welches ringsum das Häufchen überkleidet. Dieses Mycelnetz, in einfachem oder höchstens doppeltem Gitter angeordnet, hat einen sehr interessanten und für unsern *Gymnoascus* sehr characteristischen Bau, Taf. XV. Fig. 40.

Seine Hyphen sind aufs reichste verästelt; die Hauptäste verlaufen in gebogenen Richtungen hin und her, allenthalben kürzere Nebenäste ausschickend, die sich ihrerseits aufs Neue verzweigt haben. Die Zweige stehen mehr oder weniger senkrecht vom Tragfaden ab, sie bleiben ganz kurz und senden an ihren Enden oder unmittelbar unterhalb derselben aufs Neue einseitig oder rechts und links ebenfalls senkrechte Ausstülpungen hervor; es kann sich der Process darauf aufs Neue wiederholen, so dass in typischen Fällen Anfänge von unregelmässiger Schraubelbildung zu Stande kommen, Taf. XV. Fig. 40a. Mancher Seitenast besitzt an seiner Spitze krallenartige Einkrümmung, Taf. XV. Fig. 40b. Am meisten sind aber an der Mycelhülle die oben erwähnten Hakenäste ausgezeichnet, welche in besonders grosser Zahl vorhanden sind und die Form von Bischofstäben nachahmen. Ihre Länge ist grösser als die der übrigen Myceläste, sie beträgt im Durchschnitt 0,14—0,17 mm. Der Stiel bis zur Hakenkrümmung ist völlig gerade oder nur in ganz schwach welligem Bogen verlaufend. Die Krümmung des Hakens ist bei den einzelnen Exemplaren mehr oder minder bedeutend, das Ende desselben läuft bei allen in eine verdünntere Spitze aus, Taf. XV. Fig. 40c. d. e. Mitunter sieht man auf einen Bischofstab einen zweiten kleineren aufgesetzt, Taf. XV. Fig. 40f; g. derselben Figur zeigt einen Haken von vorne gesehen.

Die Hyphen der Mycelhülle sind, ausgenommen die Bischofstäbe, ungleich im Durchmesser, an vielen Stellen aufgetrieben, an andern verschmä-

lert, durchweg aber sind sie sehr stark und gleichmässig cuticularisirt und mit spärlichen Scheidewänden versehen, welche stets in der Mitte einen kleinen Tüpfelraum erkennen lassen.

Anlage der Ascusknäuel auf natürlichem Nährboden. Die ersten Anlagen der Ascushäufchen des *Gymnoascus uncinatus* waren auf dem Sperlingkoth zahlreich und in allen Stadien aufzufinden. Hier ist wirklich im jüngsten Zustand die von Baranetzky für *Gymnoascus Reessii* abgebildete und beschriebene einander vollkommen gleichgestaltete Form der beiden constituirenden Hyphenzweige vorhanden; von einem keulig blasigen Anschwellen derselben konnte ich aber nichts bemerken. Die Anlagen präsentirten sich sehr hübsch und klar und sie entstehen, indem an demselben Taf. XIV. Fig. 34a oder an zwei nebeneinander parallel laufenden oder sich kreuzenden Mycelfäden, Taf. XIV. Fig. 34b zwei gleichdicke Ausstülpungen hervorgetrieben werden, welche sich aneinanderschmiegen und unter entsprechender Verlängerung eng spiralig in mehreren Umläufen umschlingen. Das Bild dieser Anlage hat mit der von Brefeld[1]) für Entstehung der Sclerotien von *Penicillium glaucum* Link angegebenen Figur die meiste Aehnlichkeit. Nach unten läuft die Anlage conisch verschmälert zu, nach oben verbreitert sie sich; ihr weiteres Wachsthum erfolgt derart, dass die eine Spiralhyphe kurz bleibt, am Ende keulig aufschwillt und in ihrem oberen Theile die sterile Zelle abgrenzt; die andere Spirale bildet dagegen noch einige Windungen um die sterile Zelle, darauf theilt sie sich in kürzere Glieder, deren unterste sich mycelartig zu Rhizoïden verlängern, während die oberen zu den Anfängen der Ascusbüschel sich verzweigen. Der weitere Vorgang stimmt mit der Schilderung Baranetzky's überein, nur dass auch hier nicht nur ein kleiner oberster Fortsatz, sondern eine ganze Anzahl der Schraubenwindungen an der Ascusbildung theilnimmt. Aehnliche Bilder wie Baranetzky's Figur 15 (bot. Ztg. 1872, T. 3), gleichsam ein Querschnitt des jugendlichen Knäuels, habe ich häufig angetroffen.

Auch bei *Gymnoascus uncinatus* reifen wie bei *G. Reessii* die Asci ungleichmässig, so dass man an demselben Tragfaden kaum sichtbare Anfänge derselben und fast ganz ausgereifte bunt durcheinander findet.

Die oben beschriebene Mycelhülle überspinnt bereits in jungem Zustand die Ascusanlagen und zwar erhält nicht jede Anlage wie

---

[1]) O. Brefeld, Bot. Unters. üb. Schimmelpilze. II. Heft. Leipzig 1874.

bei *Ctenomyces* eine Hülle für sich, sondern es werden immer zahlreiche Anlagen von einer gemeinsamen Mycelhülle überflochten; an letzterer bilden sich schon früh die Bischofstäbe als starke, farblose, anfangs gerade Seitenäste. Mit dem Heranreifen der Ascusknäuel hält auch gleichen Schritt die Gelbfärbung und Cuticularisirung der Hülle, die übrigens ein sehr grobes Netz darstellt, so dass die Asci an vielen Stellen so gut wie unbedeckt daliegen. Die Asci sind ei- oder birnförmig, von 8,5—9 Mikr. Durchmesser im reifen Zustand, sie sind an einem langen Stiele befestigt; die Sporen werden in Achtzahl angelegt und gelangen späterhin nach erfolgter Auflösung der Ascusmembran in's Freie.

Keimung der Ascosporen. Mycelbildung in künstlicher Nährlösung. Die Ascosporen des *Gymnoascus uncinatus* haben kuglige oder schwach ovale Gestalt, ein deutliches ziemlich dickes Exosporium und ein zartes Endosporium, sie sind orangefarben und grösstentheils noch zu mehreren mit einander zusammengeklebt, Taf. XV. Fig. 41a. Ihre Grösse beträgt etwa 3,5 Mikr. nach der Breite und bei den ovalen bis 4 Mikr. in der Länge.

Gleich nach dem ersten Auffinden der reifen Ascosporen begann ich Keimversuche mit denselben anzustellen und ich benützte hiezu wie bei *Ctenomyces* Pferdemistabkochung. Allein zu meinem Verdruss konnte ich trotz aller Mühe und Sorgfalt beim Herstellen der Nährtropfen lange Zeit keine Spur einer Keimung erlangen. Da wollte weder die Anwendung höherer Temperatur noch die Aussaat in die verschiedenartigsten Nährlösungen und mit Sporenmaterial aus den verschiedensten Knäueln etwas helfen; nach wie vor verweigerten die Sporen hartnäckig jede Keimung. Schon hatte ich die Hoffnung, zu einem günstigen Resultat zu gelangen, nahezu aufgegeben, als ich auf ein ganz eigenthümliches aber sehr einfaches Hülfsmittel verfiel, welches in der That von überraschendem Erfolge begleitet war. Die Anwendung desselben dürfte vielleicht auch für andere Fälle missglückter Keimversuche (z. B. bei den Sporen der *Gastromyceten*) zu empfehlen sein.

Bekanntlich ist es ein altes Gärtnerverfahren, dem Quellwasser schwer keimender Samen etwas Salzsäure zuzusetzen; es soll dadurch eine Art Corrodirung und Erweichung der harten Samenschale erzielt und das Eindringen des Quellwassers zum Embryo ermöglicht werden. Wenn Letzteres gelungen ist, dann erfolgt die Keimung eines gesunden Samens mit grösster Regelmässigkeit und da es sich also hiebei nur um Lockerung des Verbandes der Zellen in der Samenschale handelt, so erreicht man auch die Keimung einfach durch

mechanische Lädirung der Schale mittelst Einschnittes oder Reibung; die sogenannten harten Körner der *Papilionaceen,* der *Cuscutaceen* u. s. w. habe ich selbst versuchsweise in dieser Art oftmals mit Sicherheit zur Keimung angeregt. Ich dachte mir nun, ob nicht vielleicht ein ähnlicher Kunstgriff auch bei den Sporen des *Gymnoascus uncinatus* wohl angebracht wäre und nahm zu diesem Zweck Aussaaten mit denselben derart vor, dass ich die eine Hälfte der Nährtropfen mit etwas Ammoniak alkalisch, die andere aber mit Hülfe von Essigsäure sauer machte. Bereits nach etwa 30 Stunden ergab sich, dass in den alkalischen Tropfen der Erfolg ein negativer war, in den sauren hingegen allgemeine Auskeimung begonnen hatte.

Um mich zu überzeugen, ob auch wirklich nur der Ansäuerung mit Essigsäure die Ursache der erfolgten Keimung zuzuschreiben sei, machte ich darauf oft wiederholt den Versuch, dass ich eine grössere Anzahl Tropfen von Mistdecoct gleichzeitig mit Sporen versah, aus dem nämlichen Knäuel entnommen, den einen Theil der Tropfen ohne irgend einen Zusatz liess, den andern dagegen mit einer sehr geringen Quantität Essigsäure ansäuerte. Der Zusatz der Essigsäure verursachte immer anfangs in der Flüssigkeit eine schwache Fällung resp. Gerinnselbildung, die sich nach Kurzem vollkommen wieder auflöste. Auch bei diesen Versuchen ergab sich nun stets das Nämliche: es ist nur der Einfluss der Essigsäure, welcher die Keimung hervorruft, denn in den ungesäuerten Tropfen lagen alle Sporen auch nach Wochen noch völlig regungslos da, die sauren waren schon nach 30 Stunden fast sämmtlich ausgekeimt und gewährten mit ihren orangefarbenen Sporenhäuten einen sehr hübschen Anblick. Offenbar wird also wie bei den Samen durch die zugesetzte Säure die physikalische und wohl auch chemische Beschaffenheit des harten Exosporiums verändert und der Aufnahme von Flüssigkeit für den Sporeninhalt zugänglich gemacht. Die Keimung unterstützte ich übrigens regelmässig durch Anwendung einer höheren Temperatur im Wärmekasten (25° C.) nach dem nämlichen Verfahren, wie ich es in meiner Arbeit über die *Nidularieen*[1]) für die Keimung der Sporen von *Cyathus* und *Crucibulum* angegeben habe. Es erfolgt die Auskeimung nach Ansäuerung zwar auch bei gewöhnlicher Temperatur, aber nur in einem viel langsameren Tempo.

Die Keimung der Sporen von *Gymnoascus uncinatus* ist in einigen Punkten bemerkenswerth. Während Baranetzky für *Gym-*

---

[1]) Vgl. diese Beiträge B. II. H. 2. p. 223.

noascus Reessii, dessen Sporen zudem sehr leicht keimen, das Hervordringen des Keimschlauchs durch die zersprengte Haut in Form einer aufgeschwollenen Blase beschreibt, muss sich der Keimschlauch bei *Gymnoascus uncinatus* umgekehrt durch das erweichte und schwach gequollene Exosporium erst förmlich hindurchbohren, Taf. XV. Fig. 41b. Er erscheint nämlich in Form eines zugespitzten dünnen zarten Fädchens, welches erst mit zunehmender Verlängerung erstarkt und an Breitendurchmesser gewinnt. Es sind ein oder zwei Keimschläuche, welche hervorkommen und sich oft unmittelbar schon nach erfolgtem Austritt verzweigen, Taf. XV. Fig. 41b. Der junge Keimfaden wächst kräftig weiter, nach allen Seiten hin sendet er seine Aeste, die anhängende orangefarbene Sporenhaut in seinem Centrum ist noch lange aufs deutlichste zu erkennen. Bereits nach 3 Tagen von der Aussaat an hat man ein kräftiges Mycelium, welches nun leicht in einen neuen Nährtropfen übertragen werden kann und darin bei gewöhnlicher Temperatur sich mehr und mehr vergrössert. Es bietet an sich wenig Bemerkenswerthes; stets blieb es farblos, zeigte nicht selten Anastomosen, es sendete nur sehr spärlich einzelne Hyphen als Luftmycel über die Flüssigkeitsoberfläche und hie und da besass es die für alle *Gymnoascus*-Arten characteristischen lang flaschenartigen Anschwellungen. Solche Anschwellungen verbreiterten sich öfters und standen dann plötzlich still; nach einiger Zeit begannen sie im Wachsthum fortzufahren und zwei oder drei dünnere Zweige nach verschiedenen Richtungen hin radial auszusenden, Taf. XV. Fig. 42d.

Verknäuelungen bei Cultur in Mistabkochung. So wenig wie bei *Ctenomyces serratus,* so wenig gelang es mir bei *Gymnoascus uncinatus,* reife Ascusknäuel in künstlichen Culturen heranzuziehen. Aber ebenso wie dort entstanden auch hier an etwa ein Drittel der in Arbeit genommenen Mycelien ganz eigenthümliche und merkwürdige Verknäuelungen, deren Bau und Bedeutung nicht leicht zu enträthseln ist, Taf. XV. Fig. 42 A. B. u. C. Was diese Verknäuelungen gegenüber denen von *Ctenomyces* besonders auszeichnet, ist ihr viel reichlicheres Auftreten an den damit versehenen Mycelien, ihre viel bedeutendere Grössenzunahme, die Kleinheit der Zellen, aus welchen sie bestehen, ihre Farblosigkeit und der Umstand, dass an einem lang hin sich streckenden Hauptast des Mycels gleichzeitig eine ganze Anzahl derselben, kleine und grosse, in Gruppen entlang gebildet werden, Taf. XV. Fig. 42. Stets findet man benachbarte Hyphen an diesen Knäueln fest anliegen und mit ihnen verbunden und meist lassen sich auch in ihrem Verlauf

noch deutlich die vielfachen Windungen einer Schraube verfolgen. Ich erkläre mir die Anlagen dieser Bildungen derart, dass Hyphen auf einen Hauptast zuwachsen und denselben mit ihren Spitzen in anfangs nur wenigen und dünnen, Taf. XV. Fig. 42a, dann aber immer zahreicheren und weiteren Spirallinien oft auf weite Strecken hin eng umfassen, Taf. XV. Fig. 42b, c. Es geschieht dies aber nicht mit der gleichmässigen Regelmässigkeit, wie ich es für die Anlagen bei *Gymnoascus Reessii* angegeben habe, Taf. XIII. Fig. 25 und 26. Schon sehr früh findet in der Schraube lebhafte Theilung in kleinere Zellen statt, ein Aussprossen derselben in kurze Aeste und eine ziemliche Verschiebung der Schraubenlinie. Taf. XV. Fig. 42. Neben reich getheilten Fadenstücken im Knäuel bemerkte ich häufig ganze Strecken ohne Scheidewand, sowie vor den andern durch bedeutendere Grösse ausgezeichnete Zellen; die Gegenwart einer sterilen Zelle aber war nicht festzustellen. Die ganze Verknäuelung grenzt sich als dichte Masse nach aussen ab, bald in rundlicher Form, bald mehr oder minder in die Länge gestreckt. Was aus der umwundenen Zelle wird, konnte ich nicht entscheiden.

Leider bleiben die Knäuel auf dem geschilderten Zustand im Wachsthum stillstehen, so dass nicht auszumitteln ist, welche Bewandtniss es mit ihnen hat, ob wir hier nur abnorme Erscheinungen oder bei günstigerer Nahrung lebens- und entwickelungsfähige Anlagen von Ascusknäueln vor uns haben. Bemerkenswerth dürfte es sein, dass die Gebilde ziemliche Aehnlichkeit mit den von mir aufgefundenen Anfangszuständen der Fruchtkörper von *Sporendonema casei* Desm. besitzen. Interessant wäre es jedenfalls, wenn die Knäuel wirklich jüngste Ascusanlagen vorstellten, denn es wäre damit bewiesen, dass letztere auf zweierlei verschiedene Weisen, durch spiraliges sich Umwinden zweier kurzer Myceläste, sowie durch Umwinden eines Mycelstückes durch eine hinzutretende Hyphe, bei *Gymnoascus uncinatus* und vielleicht auch bei *Gymnoascus Reessii* entstehen können und es würde sich damit der Widerspruch meiner und Baranetzky's Beobachtungen in Betreff der Anlage bei letzterem Pilze leicht beseitigen lassen.

Conidienbildung. Noch bleibt mir im Entwicklungsgang des *Gymnoascus uncinatus* eine einfache Vermehrungsweise desselben vermittelst Conidien zu schildern übrig. Ich lernte diese Art der Fructification ausschliesslich nur bei meinen Objectträgerculturen kennen, wo sie stets in der Luft an den spärlich über das Niveau des Tropfens hervorkommenden einfachen Hyphen stattfand. Diese Hyphen stellen die Conidienträger vor, sie schwellen an ihrer Spitze

zu einer dickeren, oft zugespitzten ovalen Blase an, erfahren aber auch in ihrem übrigen Verlauf unregelmässige Auftreibungen, Taf. XV. Fig. 43A. u. B. Nachdem in Masse dichtes und gleichmässiges Protoplasma in diese Theile übergeflossen ist, separiren sich dieselben von dem Reste der Hyphe durch Scheidewände; es entstehen so endständig und im Verlaufe derselben mit glänzendem Inhalt erfüllte kürzere und längere Stücke, die bei durchfallendem Lichte ganz dunkel erscheinen.

Die Conidienträger sind aber auch im Stande, sich rechts und links ohne bestimmte Ordnung zu verzweigen und ein Theil dieser Zweige zerfällt gänzlich in Conidien, bildet wohl auch seinerseits an einzelnen Stellen noch kleine Ausstülpungen, die sich ebenfalls zu einer Conidie gestalten, während an anderen Zweigen die Conidienbildung nur theilweise erfolgt und grössere Strecken im Fadenverlauf, welche nicht daran theilnehmen, völlig inhaltsleer erscheinen, Taf. XV. Fig. 43e. Denn sämmtlicher Protoplasmavorrath hat sich in die scharf separirten Conidienstücke zurückgezogen. Man ersieht, dass diese Bildungsweise bei *Gymnoascus uncinatus* ziemlich viel Unregelmässigkeit und Unvollkommenheit besitzt; die Conidien entstehen sämmtlich endogen im Faden, und ihr Verhalten ist ganz ähnlich der Entwickelung von Gonidien, welche bei gewissen Pilzen an untergetauchten Mycelstücken beobachtet worden sind (z. B. bei *Mucor*); man müsste sie ebenfalls mit diesem Namen bezeichnen, wenn sie nicht stets nur in der Luft zur Ausbildung gelangten.

Nach erfolgter Reife separiren sich die Conidien von ihren Tragfäden, einige bleiben wohl noch mechanisch an demselben festkleben, die meisten aber fallen zu Boden, wo man sie in grösserer Vereinigung angesammelt vorfindet. Ihre Gestalt ist, der Entstehung entsprechend, sehr verschiedenartig. Bald sind es rundliche oder ovale oder hantelförmige Körper, bald sind sie an einem Ende rund oder citronenförmig in eine vorgezogene Spitze auslaufend, bald trifft man sie mit breiterem Ansatz etwa wie *Empusa*sporen, bald mit langen Stielen nach einer oder nach beiden Seiten ihrer Axenverlängerung, Taf. XV. Fig. 43d. Der mittlere Durchmesser an der breitesten Stelle beträgt 4,5—5 Mikr.

Die Keimung dieser Conidien habe ich nicht beobachten können; man darf aber wohl annehmen, dass der hiebei stattfindende Vorgang kaum wesentlich von dem gewöhnlichen und allgemein bekannten sich entfernen wird.

Schluss.

Absichtlich habe ich es bisher vermieden, auf die Frage einzugehen, ob man dem Hyphenpaar, welches die allererste Anlage der Ascusknäuel bei den Gattungen *Gymnoascus* und *Ctenomyces* einleitet, die Bedeutung von Geschlechtszellen beilegen solle. Baranetzky hat dies bekanntlich gethan, indem er gerade den *Gymnoascus Reessii* als eine der besten Stützen für den Beweis der Geschlechtlichkeit bei den Pilzen betrachtet. Nach ihm ist in der ascogenen Zelle das weibliche, in der andern dagegen, welche die sterile Zelle bildet, das männliche Organ vertreten und der Befruchtungsvorgang soll sehr früh auf diosmotischem Wege erfolgen.

Dem gegenüber steht in erster Linie van Tieghem, der, nachdem besonders die Entstehung der Fruchtkörper einiger *Basidiomyceten* als gleichartige ungeschlechtliche Hyphensprossung nachgewiesen worden ist, auch für die *Ascomyceten* das Vorkommen der Sexualität in Zweifel zieht.

Ich stelle mich auf Seite derjenigen, welche nach wie vor an der Geschlechtlichkeit der Pilze als Grundprincip festhalten. Zumal auch bei den genannten *Gymnoasceen* ist das Ansehen und die weitgehende Differenzirung der Elemente des Primordialapparates so auffallend, dass jeder Unbefangene ohne Weiteres dem Gedanken an eine stattfindende Befruchtung Raum geben wird. Für die Sexualität der Pilze können wir viele höchst merkwürdige Beispiele anführen, vor Allem den anders kaum erklärbaren Vorgang bei *Peziza confluens*, während jene Untersuchungen, welche die Fruchtkörper als blosse Aussprossungen entstehen sahen, dem Einwand nicht zu entgehen vermögen, dass nach einer Reihe ungeschlechtlicher Generationen doch wieder eine geschlechtliche auftauchen kann. Jedenfalls aber sind die Befruchtungsvorgänge bei den Pilzen sehr verschiedenartig abgeändert und zum Theil ganz undeutlich geworden.

Nach der schönen Untersuchung Janczewski's[1]) über *Ascobolus furfuraceus* müsste man eigentlich a priori vermuthen, dass bei den *Gymnoasceen* die sterile Zelle an Stelle des Scolecits getreten sei, so dass aus ihr die Asci aussprossen würden. Gerade auf diesen Punkt habe ich bei meinen Untersuchungen ein Hauptaugenmerk gerichtet; niemals aber konnte ich das Auswachsen der sterilen Zelle bemerken, sie wird vielmehr mit der Grössenzunahme des

[1]) Bot. Ztg. 1871. No. 17.

Knäuels stets verknittet und verzerrt, während nur die Schraube als alleiniges ascogenes Organ nachgewiesen werden konnte.

Wenn ich noch schliesslich auf die Verwandtschaftsverhältnisse der *Gymnoasceen* zu den übrigen Pilzen näher eingehe, so lassen sich nach dieser Richtung einige interessante Beziehungen aussprechen. Wie Eingangs erwähnt, zeigen die *Gymnoasceen* einestheils mit den *Discomyceten*, andererseits mit den *Pyrenomyceten* Uebereinstimmung. Wenn nun aber schon unter diesen beiden grossen Familien der *Ascomyceten* allmähliche Uebergänge und nur graduelle Verschiedenheiten an den Grenzen stattfinden, so kann man in der kleinen Familie der *Gymnoasceen* alle diese Uebergänge gleichzeitig vereinigt beobachten. Sämmtliche parasitische *Gymnoasceen* zeigen den einfachsten aber ausgeprägten *Discomyceten*-Typus, welcher dann in *Ascodesmis* zur höchsten Vollendung gelangt. An *Ascodesmis* aber schliesst sich unmittelbar *Gymnoascus* an, denn wenn auch hier als erste Andeutung eines Peritheciums die weitmaschige gegitterte Hülle auftritt, so sind die Asci doch noch so wenig verhüllt, dass auch *Gymnoascus* den *Discomyceten* viel näher als den *Pyrenomyceten* zu stehen scheint. Erst die Auffindung der Gattung *Ctenomyces* giebt die Kette ab, welche direct an die *Pyrenomyceten*, speciell die *Perisporiaceen*, heranreicht. In der That ist *Ctenomyces* das erste Beispiel, dass auch bei den *Gymnoasceen* wirklich allseitig geschlossene Fruchtwände vorkommen, welche mit dem Perithecium von *Erysiphe* und *Eurotium* vollkommen physiologisch gleichwerthig sind und nur in Folge ihrer lufthaltigen, lockeren und fädigen Beschaffenheit noch nicht mit vollem Recht auf diesen Namen Anspruch machen können.

Breslau, den 8. August 1880.



Erklärung der Abbildungen.

Tafel XII.

Ctenomyces serratus.

Fig. 1. Feder, von *Ctenomyces serratus* zum grössten Theil überzogen. a. Hyphenpolster mit einfachen Conidien und Conidienknäueln, b. Ascushäufchen in reifem Zustand. $^2/_3$ nat. Grösse.

Fig. 2. Dauermycel mit Krallenhaken. a. Dicht verwebtes Hyphenpolster, b. an den Scheidewänden knotenartige Auftreibungen, c. Krallenhaken, d. Vogelfuss-artige Basis derselben, f. Krallenhaken mit schief gebogenen Sägezähnen, von vorn gesehen. Vergr. 400.

Fig. 3. a. Häufchen von Ascusknäueln in verschiedenen Alterszuständen; b. ein Ascusknäuel mit ausgebreiteter Fruchtwand, innen der fast reife orangefarbene und noch zäh schleimige Ascuskern. Vergr. von a. = 6. von b. = 8.

Fig. 4. Querschnitt durch einen reifen Ascusknäuel. Vergr. 200.

Fig. 5. Verschiedene Formen der Kamm- und Sägezähnhyphen sowie der torulös aufgeschwollenen, aus einem reifen Ascusknäuel. Vergr. 400.

Fig. 6. Anlage des Ascusknäuels. Vergr. 400.

Fig. 7. Weiter fortgeschrittener Zustand. Vergr. 400.

Fig. 8. Die junge Anlage von oben gesehen. Vergr. 400.

Tafel XIII.

Ctenomyces serratus.

Fig. 9. Anlage von zwei Hyphen ausgehend.

Fig. 10. Ebenso mit regelmässiger Schraube.

Fig. 11. Schraubenwindungen zahlreicher geworden, bei a. mit Scheidewänden. Keule zerknittet.

Fig. 12. Weiter fortgeschrittener Zustand.

Fig. 13. Ebenso, bei a. Zweigbildung.

Fig. 14. Die Anlage hat sich in viele Zellen getheilt, die sterile Zelle schimmert deutlich durch, bei a. Verzweigung.

Fig. 15. Längsschnitt der jungen Anlage. Keule dreizellig, die unterste mit schwach warzigen Vortreibungen, die sich später verzweigen. Die Keule ist von Pseudoparenchym, durch Theilung der Schraube entstanden, überzogen.

Fig. 16. Reichliche Verzweigung und Vergrösserung des Knäuels. Bei a. schneckenartige Aufrollung eines Astes, b. Aussprossen der untersten Zelle der Keule.

Fig. 17. Ebenso, bei a. Beginn des Auswachsens der Rhizoïden.

Fig. 18. Stück aus einem älteren Knäuel, um die reichliche Verzweigung und Verflechtung der Hyphen darzustellen.

Fig. 19. Beginnende Verzweigung zu Ascusbüscheln; reicher feinkörniger Protoplasmainhalt.

Fig. 20. Ascusbüschel in dichten Trauben und Rispen, überall aufgeschwollen.

Fig. 21. Weiterer Zustand, bei a. gebogene Hyphe, die nicht an der Ascusbildung theilnimmt.

Fig. 22. Asci, durch gegenseitigen Druck polyëdrisch.

Fig. 23. Verzweigung des Mycels zur Bildung der Fruchthülle.

Fig. 24. Lange verzweigte Hyphe aus einem halberwachsenen Ascusknäuel entnommen, a. liefert Sägezähn-, b. torulöse Hyphen. c. Ausmündung der Hyphe in lange Spiral- und Korkzieherfäden, d. Hauptast.

Gymnoascus Reessii.

Fig. 25. Anlage des Knäuels; bei a. Entstehung der Schraube als Ast desselben Fadens, b. umwundene Zelle.

Fig. 26. Anlage, durch Hinzuwachsen einer benachbarten Hyphe a. und Umwinden des Mycelstücks b. entstanden. Bei c. kurzer Ast des umwundenen Mycelstücks.

Sämmtliche Figuren dieser Tafel 400 mal, nur Fig. 22. 500 mal vergrössert.

Tafel XIV.

Ctenomyces serratus.

Fig. 27. Keimung der Ascosporen, a. einfacher, b. doppelter Keimschlauch. Vergr. 400.

Fig. 28. Mycel im Mistdecoct erzogen, a. büschliges Luftmycel, b. Verknäuelungen am Mycel. Vergr. 12.

Fig. 29. Ebenso; a. einfache Conidienträger, b. büschelweise vereinigter Conidienstand, c. Conidienknäuel. Letztere beiden Formen mit vielen Spiralhyphen überzogen. Vergr. 12.

Fig. 30. Knäuelbildung am Mycel innerhalb der Nährlösung. Abnorme Aufschwellung der einzelnen Hyphentheile. Vergr. 400.

Fig. 31. a. Einfache lang hinwachsende Conidienhyphe mit zahlreichen Sporen. b. Art der Verzweigung der Conidienträger aus einem dichten Conidienstand. Vergr. 400.

Fig. 32. Keimung der Conidien. Vergr. 400.

Fig. 33. Spiralhyphen, wie sie die Conidienstände umgeben. Vergr. 400.

Gymnoascus uncinatus.

Fig. 34. Erste Anlage des Ascusknäuels; bei a. aus einem, bei b. aus zwei Myceästen. Vergr. 400.

Tafel XV.

Ctenomyces serratus.

Fig. 35. Reife Asci. Vergr. 450.

Fig. 36. a. Ascus; seine Membran und sein Sporeninhalt gequollen, b. weiter vorgeschrittene Quellung der freien Sporen, Schleimhof deutlich sichtbar. Vergr. 450.

Fig. 37. Dichter Conidienstand, ohne die Spiralhyphen in Taf. XIV. Fig. 33. Die Art der Verzweigung ist deutlich zu sehen; viele Sporen sind abgegliedert. Vergr. 150.

Fig. 38. Conidienknäuel, Querschnitt; der Innenraum enthält fast ausschliesslich nur Conidien. Vergr. 300.

Gymnoascus uncinatus.

Fig. 39. Schwach vergrösserte Ascushäufchen. Vergr. 9.

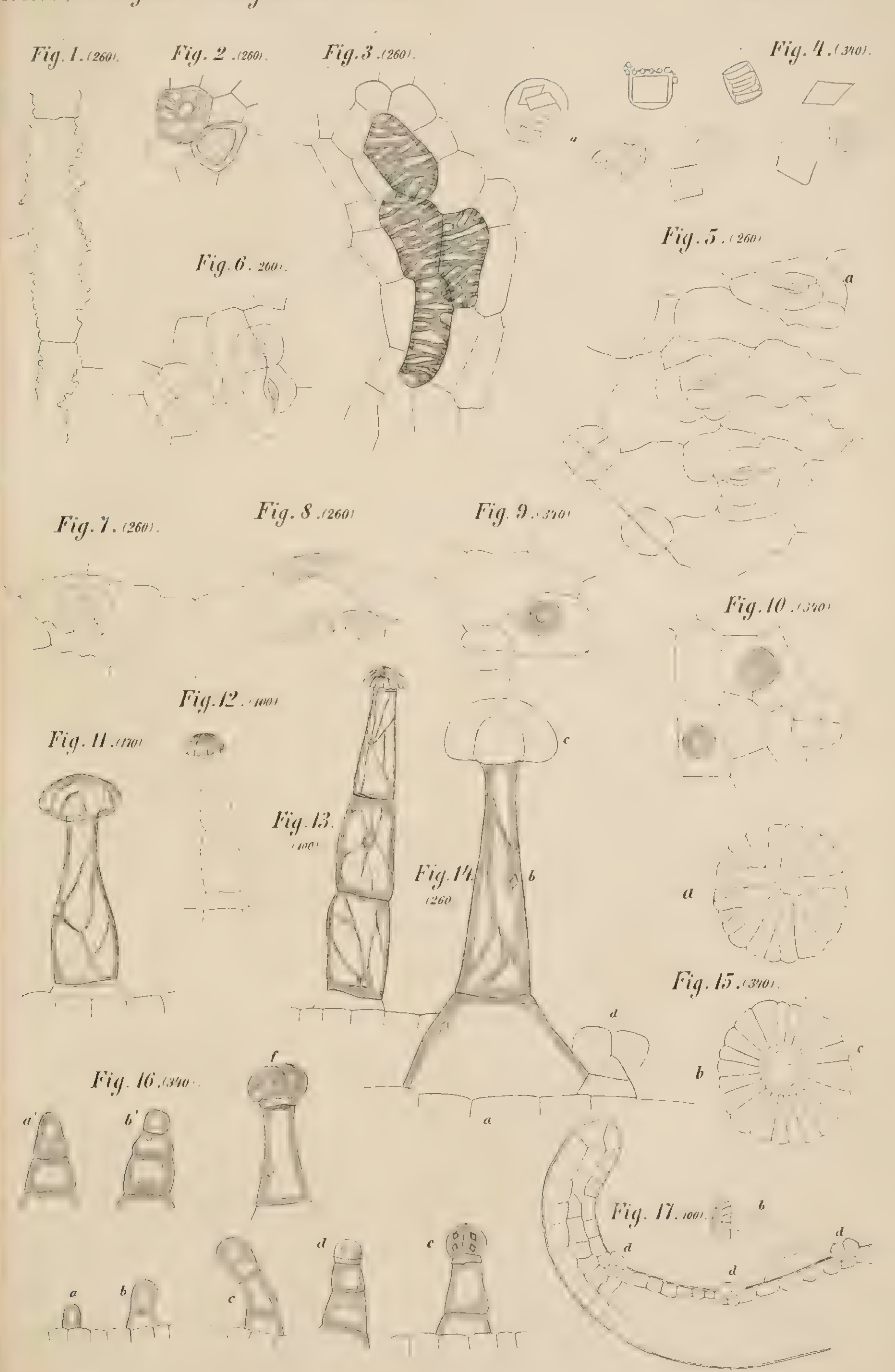
Fig. 40. Stück der Hülle von einem älteren Knäuel. Starke Verdickung, bei a. beginnende Schraubelbildung, b. Hakenast, c. d. e. f. g. die verschiedenen Formen der Bischofstäbe. Vergr. 400.

Fig. 41. a. Reife Sporen, b. Keimung derselben. Vergr. 450.

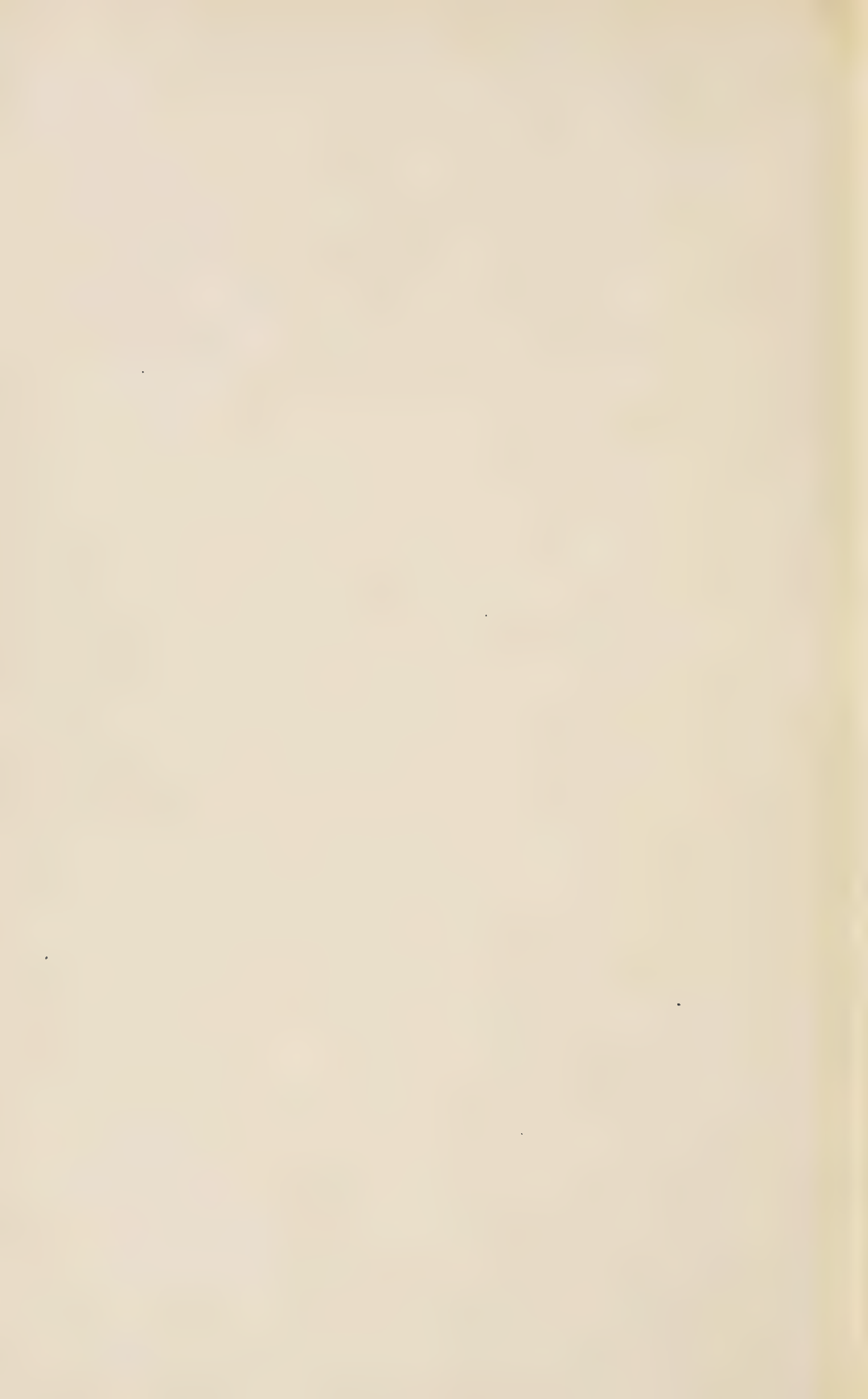
Fig. 42. A. B. C. Verschiedene Zustände der Knäuelbildungen an cultivirten Mycelien, d. Mycelauftreibung. Vergr. 400.

Fig. 43. A. und B. Conidienträger, c. Conidien, e. leere Stellen der Hyphe, d. abgefallene Conidien. Vergr. 400.





Lith. u. Druck v. S. Lilienfeld Breslau.



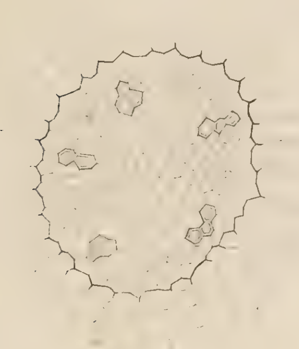


Fig. 20 (130)



Fig. 18 (260)



Fig. 22 (130)

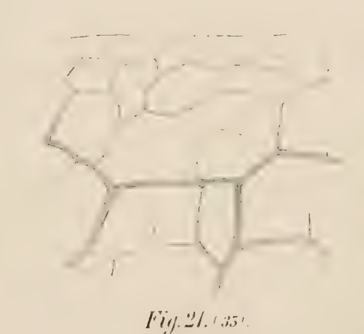


Fig. 21 (35)

Fig. 23. (130).



Fig. 24. (130).

Fig. 19. (130).

Lith. u. Druck v. C. Lilienfeld, Breslau.

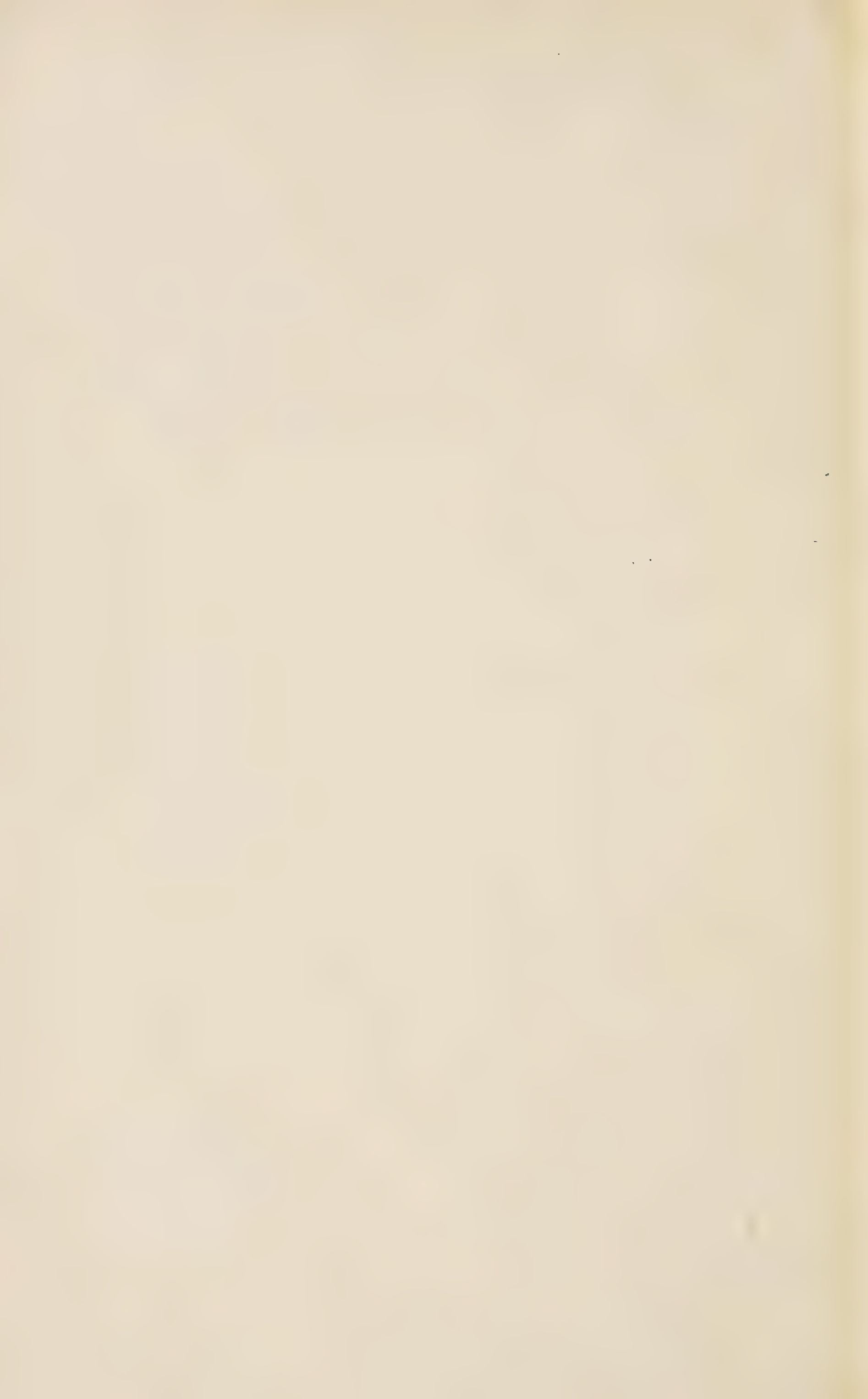
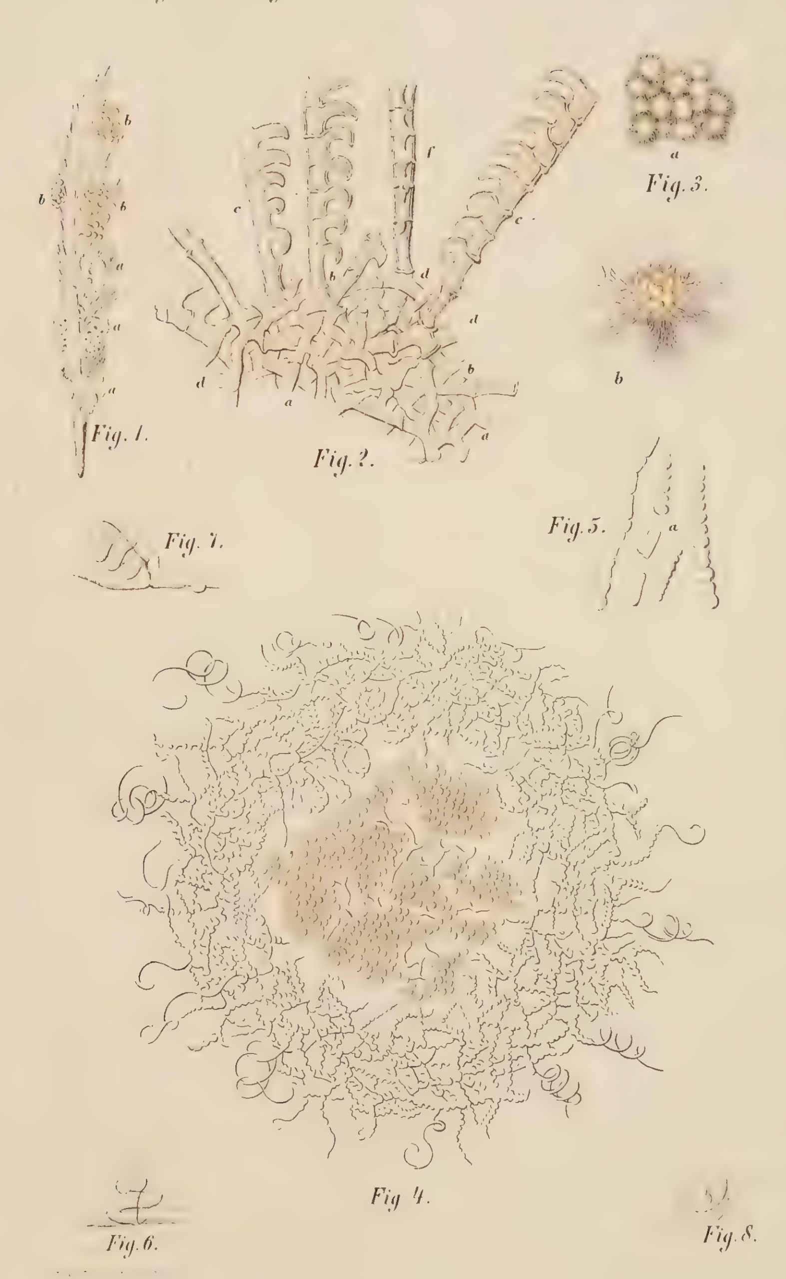
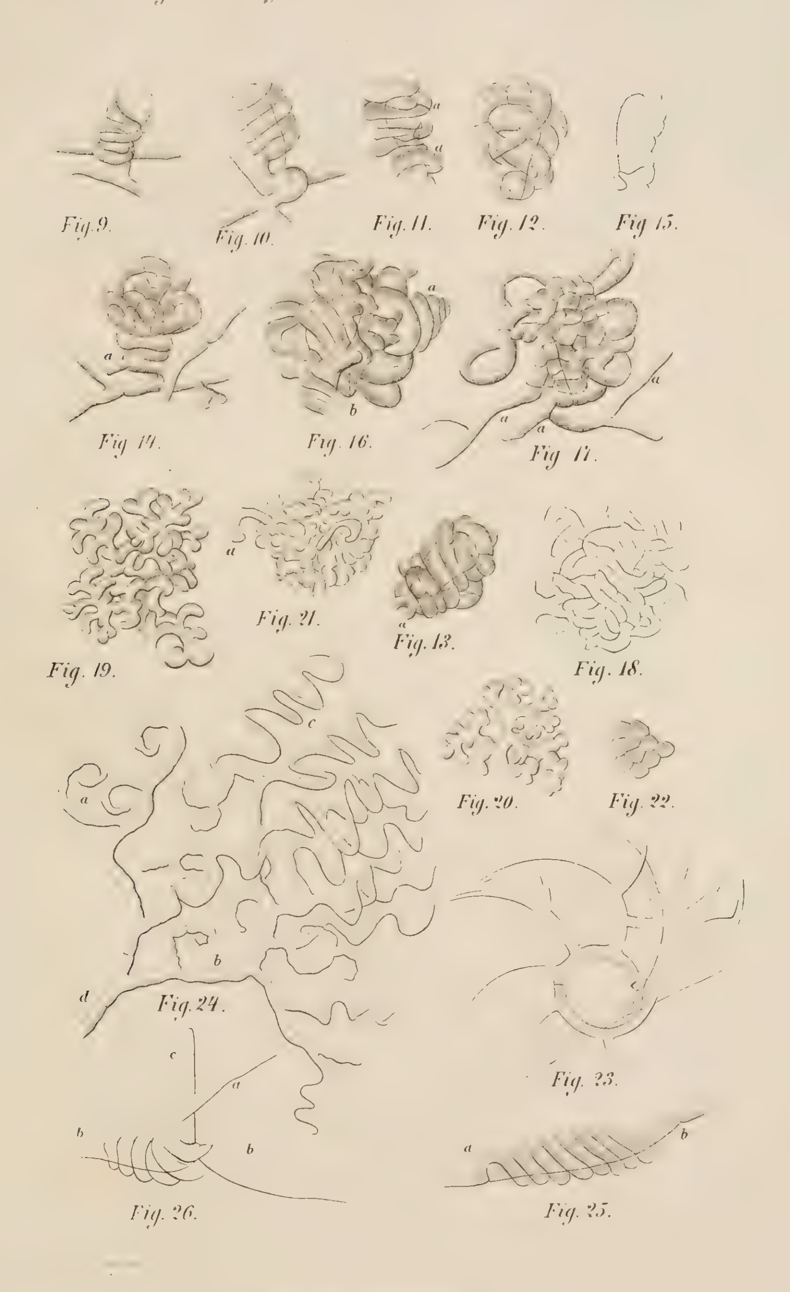



Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.

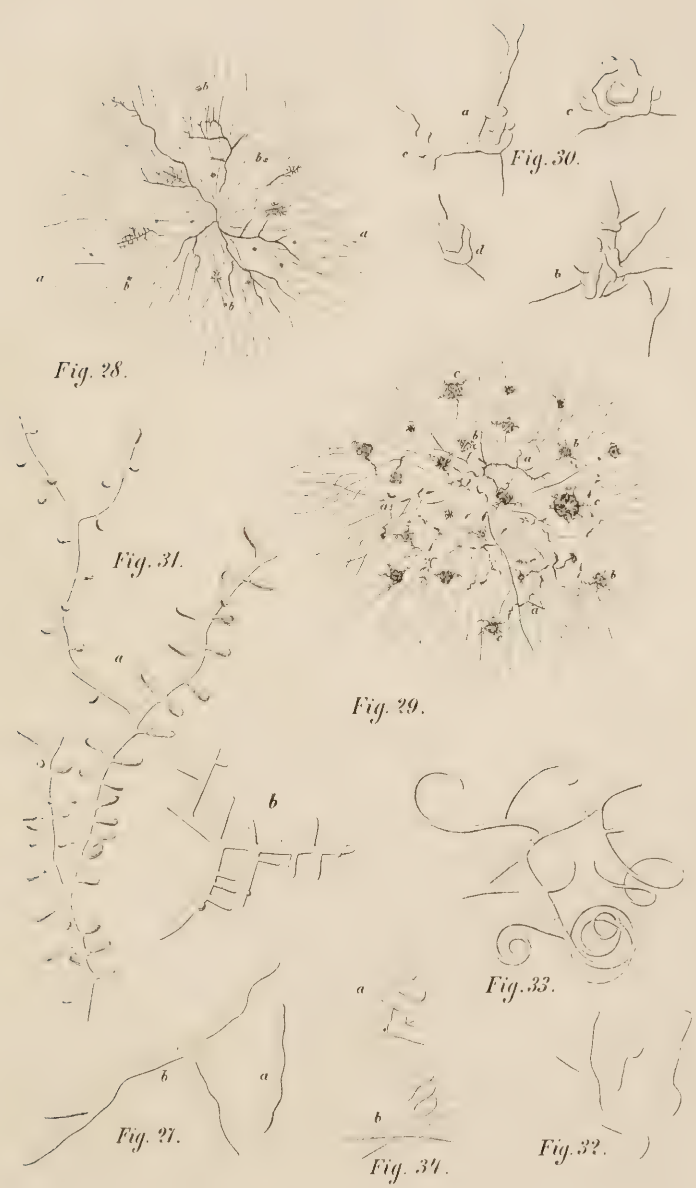



Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.




Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 12.
Fig. 15.
Fig. 14.
Fig. 16.
Fig. 17.
Fig. 19.
Fig. 21.
Fig. 13.
Fig. 18.
Fig. 20.
Fig. 22.
Fig. 24.
Fig. 23.
Fig. 26.
Fig. 25.





E. Eidam ad nat. del.
Lith. u. Druck S. Lilienfeld, Breslau.



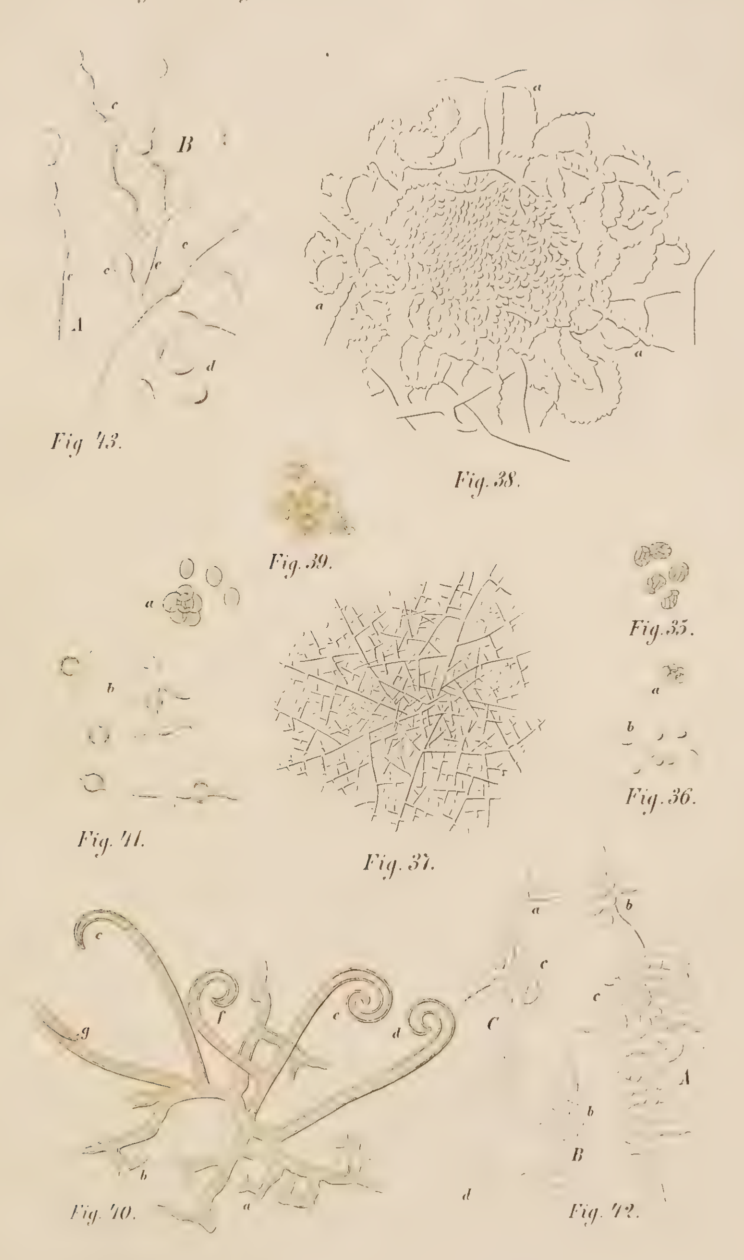
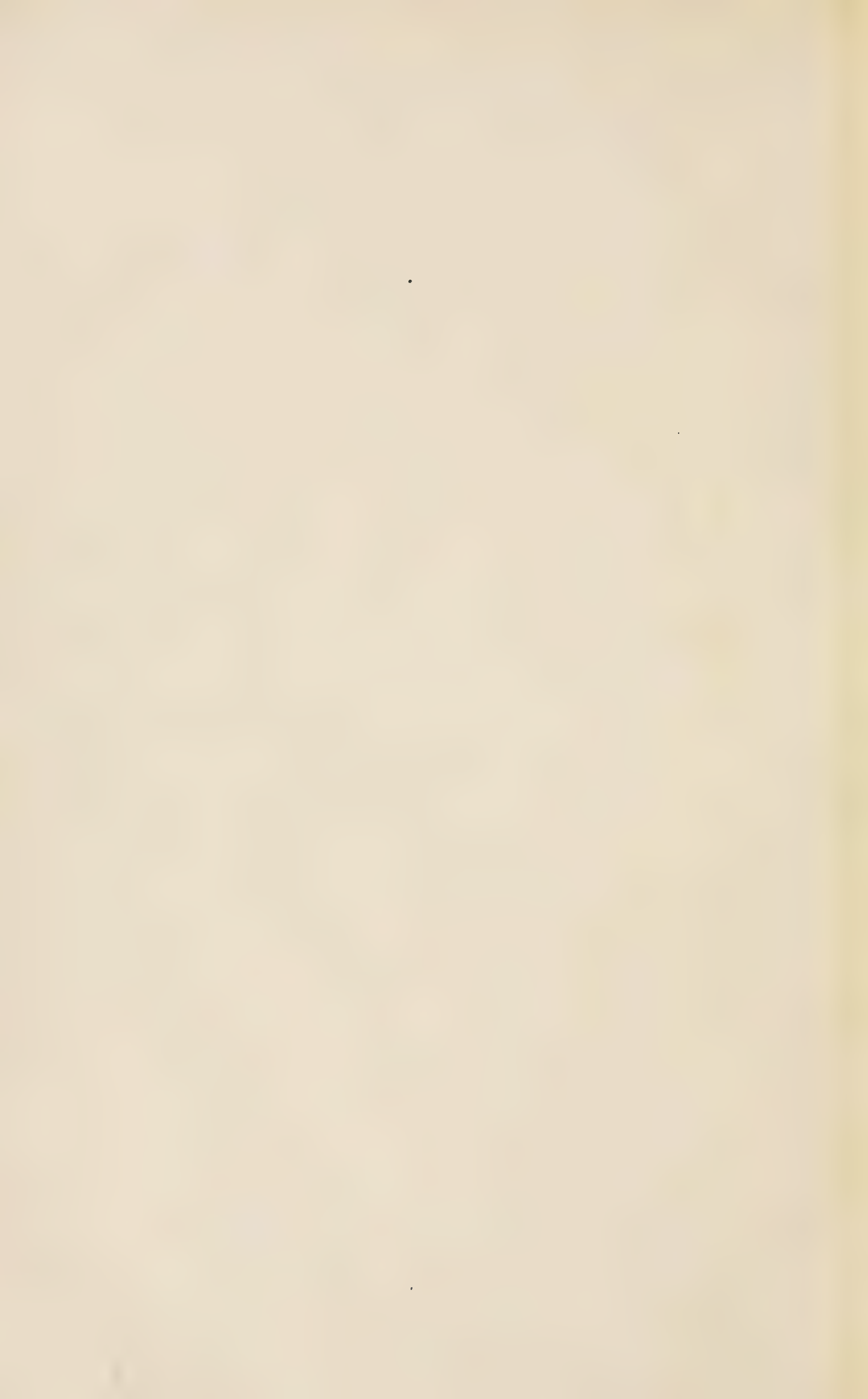


Fig. 43. Fig. 38. Fig. 39. Fig. 35. Fig. 36. Fig. 41. Fig. 37. Fig. 40. Fig. 42.



Beiträge

zur

Biologie der Pflanzen.

Herausgegeben

von

Dr. Ferdinand Cohn.

Dritter Band. Drittes Heft.

Mit acht Tafeln.

Breslau 1883.
J. U. Kern's Verlag
(Max Müller).



Inhalt des dritten Heftes.



Beiträge zur Kenntniss der Wurzelverwachsungen.

Von

Dr. Max Franke.

Hierzu Tafel XVI. und XVII.

1. Erst in neuerer Zeit hat man begonnen der Verwachsung von Pflanzentheilen wissenschaftliche Aufmerksamkeit zu schenken, während man früher sich begnügte derartige Vorkommnisse als Curiosa zu beschreiben, ohne ihren entwicklungsgeschichtlichen Hergang zu studiren.

Wie auf vielen anderen Gebieten war es auch hier Göppert, welcher durch seine 1842 zu Bonn erschienene Abhandlung: „Ueber das sogenannte Ueberwallen von Tannenstöcken" der Forschung ein neues, reiches Feld eröffnete. In dieser botanisch und forstwirthschaftlich gleich wichtigen Arbeit unterzog Göppert die 1835 von Reum zuerst erkannte Verwachsung der Wurzeln im Walde einer genaueren wissenschaftlichen Untersuchung. Seitdem hat er, wie viele diesbezügliche Mittheilungen und Abhandlungen[1]) beweisen, den Gegenstand nie aus den Augen verloren. Nach ihm veröffentlichten Andere, so z. B. Kehrer[2]), Nobbe[3]), Rossmässler[4]),

---

[1]) cf. Göppert: „Ueber die Ueberwallung von Tannenstöcken." Bot. Ztg. 1846 p. 505—514.

Göppert: „Wachsen Rosen auf Eichen?" 31. Jahr.-Ber. d. Schles. Ges. f. vaterl. Gultur 1853. p. 327.

Göppert: „Skizzen zur Kenntniss der Urwälder Schlesiens und Böhmens." Nova acta Caes. Leop. Carol. Vrat. Vol. XXXIV. Dresden 1868.

Göppert: „Ueber innere Vorgänge bei dem Veredeln der Bäume und Sträucher." Cassel 1874.

[2]) cf. Ed. Kehrer: „Ein seltener Baum im Odenwalde." In „Die Natur" v. Dr. O. Ule u. Dr. K. Müller. Halle 1863 Bd. XII. p. 228.

[3]) cf. Döbener's: „Lehrbuch der Forstbotanik" bearb. v. Prof. Dr. Nobbe. Berlin 1880.

[4]) cf. Rossmässler: „Aus der Heimath" 1861 p. 26.

Schemler[1]) und jüngst C. F. Seidel[2]) einschlagende Beobachtungen. In knapper und übersichtlicher Form findet man auch einige interessante Verwachsungsvorkommnisse von Maxwell T. Masters mitgetheilt[3]).

Die grosse Mehrzahl der bis jetzt über Verwachsungen angestellten Untersuchungen waren makroskopische und bezogen sich auf ältere Pflanzentheile, so dass es zeitgemäss erscheinen musste, auch mikroskopische Untersuchungen anzustellen mit gleichzeitiger Berücksichtigung junger Pflanzentheile.

Hierzu veranlasste mich mein hochverehrter Lehrer, Herr Prof. Dr. F. Cohn, welchem ich für die vielfache Unterstützung bei dieser im pflanzenphysiologischen Institut der Breslauer Universität gemachten Arbeit meinen aufrichtigen Dank sage.

Ich habe mich auf die Untersuchung von Wurzelverwachsungen beschränkt, da mir hierfür reichlicheres Material zu Gebote stand. Doch war es mir nicht möglich Verwachsungen jüngster Baumwurzeln im Walde zu finden, trotz eifrigen Suchens besonders auch in dem an interessanten Verwachsungen so reichen Forstreviere Zobten. Dagegen boten die Luftwurzeln von *Tecoma radicans*, *Hedera Helix*, *Hoya carnosa* treffliches Material für diese Untersuchungen.

2. Nach dem Alter der sich vereinigenden Pflanzentheile lassen sich 3 Fälle unterscheiden:

I. die Verwachsung von Pflanzentheilen bei ihrer Anlage, congenitale Verwachsung,

II. die Verwachsung von Pflanzentheilen mit entwickelungsfähiger Epidermis,

III. die Verwachsung von Pflanzentheilen, bei denen Borkenbildung eingetreten ist.

Nur die unter Abschnitt III fallenden Verwachsungsvorkommnisse sind bis jetzt genauer untersucht und beschrieben worden.

Ausser dem Alter der verwachsenden Theile ist zu berücksichtigen: wie und warum werden Verwachsungen verursacht? erleiden

---

1) cf. C. L. Schemler in: „Aus der Heimath“ 1861 p. 460.

2) cf. C. F. Seidel: „Ueber Verwachsungen von Stämmen und Zweigen von Holzgewächsen und ihren Einfluss auf das Dickenwachsthum der betreffenden Theile.“ In Sitz. Ber. d. naturf. Ges. „Isis“ zu Dresden Jahrg. 1879. Juli-December p. 161—168.

3) cf. Maxwell T. Masters: „Vegetable Teratology, an account of the principal deviations from the usual construction of plants.“ London 1869 p. 32—57.

die betreffenden Theile Veränderungen in anatomischer wie physiologischer Hinsicht? zwischen welchen Pflanzen resp. Pflanzentheilen können Verwachsungen vorkommen?

Im Folgenden soll die Beantwortung einiger dieser Fragen gestützt auf frühere und eigene Untersuchungen versucht werden.

I. Congenitale Wurzelverwachsung. Tecoma radicans *Juss.*

3. Luftwurzelbüschel. Die Bildung der adventiven Luftwurzeln ist bei *Tecoma radicans* streng localisirt und beschränkt sich auf einen kleinen Theil eines jeden Internodiums. Der glatte kletternde Stamm ist kreisrund; doch verbreitert er sich an den Stellen, wo sich die unpaarig gefiederten, in decussirten Quirlen stehenden Blätter auszweigen, so dass er im Querschnitte mehr oder weniger oval erscheint. Hier treten bei genügender Beschattung in vier Längsbüscheln, je zwei an der Vorder- und Hinterseite, die Luftwurzeln hervor, welche von der Blattbasis abwärts an Zahl und Grösse abnehmen. Normal ausgebildet besteht jedes dieser Längsbündel aus vier Wurzelreihen (Taf. XVI. Fig. 1), die ursprünglich mit einander verwachsen, sich trennen, bald nachdem sie die Epidermis des Mutterstammes durchbrochen haben. Auch die Würzelchen einer jeden Längsreihe sind unter sich verschmolzen und lösen sich bedeutend später von einander als die Wurzelreihen selbst; oft bleiben einige während ihrer ganzen Vegetationszeit mit einander verbunden. Beide, Wurzelreihen und Würzelchen, sind vor ihrer gänzlichen Trennung noch auf eine kurze Strecke hin durch ein dichtes Gespinnst von Wurzelhaaren lose vereinigt. Zwischen den beiden vorderen und hinteren Wurzelcomplexen fehlt dem Stamm jegliche Fähigkeit derartige Sprosse zu treiben; auch zeigt er an diesen Stellen einen abweichenden anatomischen Bau (Taf. XVI. Fig. 2).

Bei kräftiger Vegetation setzen sich die Wurzelbüschel auch über die Anheftungsstelle des Blattes hinaus in das nächst höhere Internodium, freilich nur auf eine kurze Strecke hin, fort. Ebenso bemerkt man im Querschnitt zuweilen statt vier Wurzeln deren fünf, selten mehr, was auf eine Art falscher Dichotomie einzelner Würzelchen zurückzuführen ist. Wenn derartige Verzweigungen sich bei einer Anzahl unter einander stehenden Luftwurzeln nach derselben Richtung hin wiederholen, so beobachtet man in einem Wurzelbündel statt vier Wurzelreihen deren fünf oder mehr.

In anderen Fällen, bei schwächerer Wurzelbildung sind nicht alle vier Wurzelcomplexe und in ihnen nicht alle vier Wurzelreihen entwickelt. An den, dem Lichte ausgesetzten Stellen bleibt häufig die

Ausbildung der Luftwurzeln zurück, oft so sehr, dass sie sich nicht einmal als leichte Wülste an der Oberfläche des Stammes bemerklich machen. Die Anlagen der Wurzeln aber lassen sich unter dem Mikroskope in den meisten Fällen erkennen: sie heben sich als dunklere Zellkomplexe von dem umgebenden Gewebe des Mutterstammes ab.

Die Länge der Wurzelreihen und damit die Anzahl der Adventivwurzeln ist sehr verschieden; oft kann man gegen 40 in einer einzigen Reihe zählen, andere Male hingegen nur wenige. Zumeist sind die beiden inneren Reihen eines Büschels länger als die äusseren.

Wie die einzelnen Wurzelreihen, so sind auch die Wurzelbündel stets ungleichmässig entwickelt. Diejenigen werden die kräftigsten, welche am wenigsten dem Lichte ausgesetzt sind, in den meisten Fällen also die, welche auf der der Mauer oder dem Substrate überhaupt anliegenden Stammseite entspringen. Die der Mauer anliegenden Wurzelcomplexe breiten sich später auseinander; ihre einzelnen Würzelchen verlängern sich bedeutend und treiben lange Wurzelhaare, vermöge deren sie sich fest an das Substrat anschmiegen und den kletternden Stamm an die Unterlage anheften.

An frei wachsenden Aesten stehen die Vorder- und Hinterseite eines Internodiums, welche durch gänzliches Fehlen oder doch starkes Zurücktreten der Holzgefässe charakterisirt sind, in der Richtung der Blätter des nächst höheren und des nächst niederen Internodiums. Wenn sich dagegen der Stengel an das Substrat anschmiegt, dreht sich das nächst jüngere Internodium um 90° so um seine Axe, dass die zweiblättrigen, alternirenden Blattwirtel scheinbar superponirt sind.

4. **Anatomie des Stammes.** Im Querschnitt (Taf. XVI. Fig. 3) zeigt sich der Stamm von *T. radicans* folgendermassen zusammengesetzt. In die cuticularisirte, gebräunte Epidermis sind Spaltöffnungen und Köpfchendrüsen mehr oder weniger tief eingesenkt. Diese sind trichterförmig, kurz gestielt und werden aus vier oder einem Multiplum von vier Zellen gebildet. Von oben gesehen sind die Drüsen kreisrund; die sie zusammensetzenden, keilförmigen Zellen sind an der Peripherie breiter und vereinigen sich, gegen das Centrum schmaler werdend, zu einem kurzen röhrenförmigen Stiele.

Auf das unter der Epidermis lagernde zwei- bis dreireihige, chlorophyllhaltige Hypoderm folgt ein 6—10 Zellschichten mächtiges Rindenparenchym. Hieran schliesst sich das nach aussen scharf abgegrenzte Fibrovasalbündelsystem, worin die gewöhnlichen Elemente zu unterscheiden sind: nach aussen das Phloem mit einzelnen Hartbastbündeln, Siebröhren und Bastparenchym; nach innen das Xylem

mit Holzparenchym, Holzfaserzellen und Holzgefässen. Zwischen Holz und Bast liegt das Cambium.

Der Hartbast besteht aus Bündeln stark sclerenchymatisch verdickter Zellen und stösst in mehr oder weniger regelmässiger Anordnung an das Rindenparenchym. Die Holzgefässe sind ringförmig oder spiralig verdickt; die Spiralen sind in einigen rechts-, in anderen linksgewunden, in noch anderen kommen doppelte Spiral-Fasern vor. Der Xylemring ist an zwei Stellen, der Vorder- und Hinterseite des Stengels, entweder ganz unterbrochen, oder doch so schwach entwickelt, dass sich hier der Markcylinder mehr oder weniger stark ausbauscht; dieser sendet zwischen den Holzring hindurch bis in den Bast ein- oder zweireihige Markstrahlen, welche das ganze Gefässbündelsystem eines Internodiums der Länge nach durchsetzen.

5. **Endogenes Gefässbündelsystem.** An der Innenseite des normalen Gefässbündelsystems entdeckte Sanio[1]) das Auftreten eines secundären Zuwachsringes. Dieser fehlt nur an den Stellen, welche durch den Mangel oder das Zurücktreten der Xylemgefässe characterisirt sind und, wie gesagt, den Anheftungsstellen der Blätter des nächst höheren Internodiums entsprechen. — An der Markseite der Bündel des einfachen Gefässbündelringes, dessen Cambium nach aussen Bast, nach innen Holz bildet, befinden sich enge, zartwandige, verlängerte Phloem-Zellen. Sie werden von den Gefässbündeln getrennt, indem die diesen am nächsten gelegenen Zellen sich periclinisch theilen; es entstehen so zwischen dem inneren Phloembündel und dem ursprünglichen Fibrovasalbündelsystem Cambiumpartien, welche dadurch in Verbindung treten, dass die sie trennenden Parenchymzellen des Markes sich ebenfalls periclinisch theilen. Hierdurch kommt es zur Ausbildung einer inneren, secundären Cambiumzone, welche, an jenen beiden Stellen unterbrochen, nach aussen Xylem mit den gewöhnlichen Elementen, nach innen Phloem und zwar vorzüglich Weichbast, Siebröhren und Bastparenchym, entwickelt.

6. **Stärkeschicht.** Gegen das Rindenparenchym hin wird das Gefässbündelsystem deutlich abgegrenzt durch eine meistens ein-, zuweilen zweireihige Zellschicht. Ihre Zellen sind im Längsschnitt (Taf. XVI. Fig. 4) kürzer und schmaler als die daran stossenden Rindenzellen und erfüllt mit verhältnissmässig grossen Stärkekörnchen. Diese „Stärkeschicht" (Sachs) zieht sich wellenförmig, den Hartbastbündeln unmittelbar aufliegend, um das Fibrovasalbündelsystem hin und dürfte als gemeinsame Gefässbündelscheide aufzufassen

---

[1]) cf. Sanio: „Endogene Gefässbündelbildung." Bot. Ztg. 164. p. 228.

sein[1]). Sie hat die Form der „äusseren Gesammtschutzscheide" (Pfitzer), wie sie im Stamme einiger Arten von *Equisetum* vorkommt[2]) z. B. bei *E. Telmateja, arvense* etc., so dass der von der Stärkeschicht umgebene innere Stammtheil von *T. radicans* einer mehr oder weniger regelmässig cannellirten Säule gleicht. Ihren wellenförmigen Verlauf verdankt die Stärkeschicht den gegen das Rindenparenchym vorgeschobenen Hartbastbündeln, welche kreisförmig geordnet an der Aussenseite des Gefässbündelringes stehen. Die Zellen der Stärkeschicht stossen ohne Intercellularräume sowohl an die Zellen des Bastes als auch an die der Rinde. Ihre Zellwände sind weder cuticularisirt noch dunkler gefärbt als diejenigen der übrigen Rindenzellen; auch zeigen sie keine Casparischen Punkte.

Die Stärkeschicht begleitet das Fibrovasalbündelsystem auch noch eine Strecke in seine Auszweigungen in die Blätter, verschwindet aber allmählich und kann nie in den Blattstielen beobachtet werden, ebensowenig wie in den Luftwurzeln; dagegen ist sie in allen Aesten vorhanden.

7. **Entstehung und Anatomie der Luftwurzeln.** Die Adventivwurzeln entstehen in vier theilungsfähigen Längsreihen des Cambiums, und zwar scheinen die ersten Theilungen in den äusseren Cambiumzellen stattzufinden, während erst später auch die inneren sich am Aufbau der Luftwurzel betheiligen (Taf. XVI. Fig. 6). Jede dieser vier Reihen wächst eine Zeit lang durch eine gemeinsame Scheitelkante in ihrer ganzen Länge, indem ihre Zellen eine Zeit lang sich ohne Ordnung nach allen Richtungen hin vermehren und zwar an der Blattbasis stärker als weiter abwärts; so dass günstigenfalls man an einem Stammstücke die gesammte Entwickelung der Luftwurzeln verfolgen kann. Später treten an dieser Scheitelkante in basifugaler Richtung (von der Ansatzstelle der Blätter gerechnet) gesonderte Vegetationspunkte auf, die sich zu Beiwurzeln selbstständig weiter entwickeln. In frühen Stadien der Entwickelung einer

---

[1]) Sachs, welcher die Stärkeschicht im Pflanzenreiche zuerst entdeckte, identificirte sie anfangs (cf. „Ueber das Auftreten der Stärke bei der Keimung ölhaltiger Samen." Bot. Ztg. 1859 No. 20 u. 21 p. 188) mit der Schutzscheide. In einer späteren Abhandlung („Ueber die Stoffe, welche das Material zum Wachsthum der Zellwände liefern." Jahrb. für wiss. Bot. hrgb. v. Pringsheim B. III. p. 194) dagegen hält er die Identificirung von Stärkeschicht mit einer Gefässbündel- oder Schutzscheide nicht in allen Fällen als zulässig. Auch Dr. F. Kamieński: „Vergleichende Anatomie der Primulaceen." Halle 1878, p. 78 fand in den Stengeln einiger Primulaceen eine derartige Stärkeschicht, die er ebenfalls für eine Gefässbündelscheide hält.

[2]) cf. Pfitzer: „Ueber die Schutzscheide der deutschen Equiseten." Jahrb. f. wiss. Bot. hrgb. v. Pringsheim B. VI. p. 307.

solchen Wurzelreihe sieht man im Querschnitte durch dieselbe einen in lebhafter Vermehrung begriffenen Zellcomplex, worin die einzelnen Gewebe des Wurzelscheitels sich noch nicht differenzirt haben. Später dagegen können wir Plerom, Periblem und Dermatogen besonders deutlich an Wurzelreihen unterscheiden, welche in Folge starker Beleuchtung abortirt sind (Taf. XVI. Fig. 5). Für Plerom und Periblem konnte ich im Längsschnitt durch die Wurzel je 2 Initialen constatiren, von denen die des Periblems bald Theilungen in pericliner Richtung erleiden, so dass dieses am Wurzelscheitel mehrreihig, meist dreireihig wird. Das Plerom grenzt sich deutlich gegen das übrige Gewebe der jungen Luftwurzeln ab, welche im Bau ihres Scheitels denen von *Hoya carnosa*, nach Erikson[1]), ähnlich sind.

Im Querschnitte zeigen die Adventivwurzeln folgende Zusammensetzung (Taf. XVI. Fig. 8). Die Epidermis cuticularisirt und bräunt sich später; viele ihrer Zellen wachsen zu langen einzelligen Haaren aus, besonders wenn die Wurzeln dem Substrate anhaften. Unter der Epidermis liegt ein einschichtiges Hypoderm, dessen Zellen, grösser als die der Epidermis und der Rinde, in radialer Richtung lang gestreckt sind. Ihre seitlichen Zellwände sind anticlinisch gestellt. Die innerste Zellreihe des acht- bis zehnreihigen Rindenparenchyms ist deutlich als Endodermis ausgebildet. Die Zellen derselben sind länglich, die Zellwände cuticularisirt und dunkler gefärbt als die der übrigen Rinde, doch sind keine Casparischen Punkte zu bemerken. Den Centralcylinder umgiebt eine ununterbrochene rhizogene Schicht, an welche unmittelbar die vier kreuzweise stehenden Xylemplatten stossen. Zwischen ihnen liegen vier, ebenfalls kreuzförmig geordnete Phloembündel, deren vier bis sechs Zellen in zwei Reihen liegen, und deren Zellmembranen stärker glänzen als die der umgebenden Zellen des Centralcylinders. Den übrigen Raum desselben zwischen Phloem und Xylem nimmt Prosenchymgewebe ein, welches im Laufe der weiteren Entwickelung eine Veränderung erleidet; die Zellen zwischen zwei gegenüberliegenden Holzstrahlen verdicken ihre Membranen; diese den Centralcylinder durchsetzende Verdickungsleiste verbreitert sich in der Mitte und erreicht endlich die beiden anderen Holzplatten. Es gleicht nunmehr der verdickte Theil des Centralkörpers der Luftwurzel im Querschnitt einem an zwei Ecken stärker zugespitzten Rhombus mit eingebogenen Seiten; in diesen Einbuchtungen liegen die Phloembündel.

---

[1]) cf. Erikson: „Ueber das Urmeristem der Dicotylenwurzel.“ Jahrb. f. wiss. Bot. hrgb. v. Pringsheim B. XI. p. 423 u. 428.

8. **Verwachsung der Luftwurzeln.** Wir fanden, dass eine rhizogene Längszone des Cambiums eine Zeit lang durch eine gemeinsame Scheitelkante wächst, dass aber später selbstständige Vegetationspunkte für die einzelnen Wurzeln auftreten. Hierdurch wird bedingt, dass die Würzelchen bei ihrer Anlage am Grunde mit einander zu einem gemeinsamen Muttergewebe verwachsen sind. Auch nachdem sich bereits die verschiedenen Wurzelscheitel differenzirt haben, wächst die rhizogene Längszone noch eine Zeit lang weiter. Zugleich erzeugt das Meristem jeder Wurzelspitze neue Gewebselemente, so dass die Wurzeln sich auch in die Breite ausdehnen. Die Periblemschichten der Luftwurzeln sind in Folge dessen zu einem gemeinsamen Parenchym vereinigt, in welchem die Pleromcylinder serial geordnet liegen. Auch die Dermatogenschichten der einzelnen Wurzeln sind mit einander verwachsen, so dass sich über alle Wurzeln derselben Reihe eine gemeinsame Haube zieht (Taf. XVI. Fig. 7). Legt man einen Querschnitt durch eine so verwachsene Wurzelreihe, so sieht man bei schwacher Vergrösserung die dunkleren Centralcylinder umgeben von einem gemeinsamen gleichmässigen Rindenparenchym, einem gemeinsamen Hypoderm und einer gemeinsamen Epidermis (Taf. XVI. Fig. 9).

Niemals ist eine Verwachsung zweier Centralcylinder, sobald sich diese in den einzelnen Wurzeln deutlich herausgebildet haben, zu constatiren. Zwar findet man nicht selten bei der Musterung eines Querschnittes durch ein Wurzelbündel, dass zwei Plerome im Begriff sind sich von einander zu trennen; doch beruht dieser Vorgang auf einer Pseudo-Dichotomie. Neben dem Vegetationskegel einer Wurzel tritt in dem theilungsfähigen Gewebe der Scheitelregion ein secundärer auf. Dieser entwickelt sich selbstständig weiter und empfängt von der benachbarten Schwesterwurzel Gefässbündelelemente. Eine Verletzung des primären Vegetationspunktes, wodurch häufig bei Wurzeln derartige Endverzweigungen eintreten, habe ich nicht beobachten können. Machen solche Dichotomieen sich an mehreren aufeinanderfolgenden Wurzeln derselben Reihe geltend, wie es bei energischer Wurzelbildung vorkommt, so beobachtet man mehr als die vier normalen Wurzelreihen. Die Wurzeln einer secundären Reihe brauchen jedoch nicht immer Auszweigungen der Wurzeln derselben Reihe zu sein: es können Wurzeln der einen Reihe sich nach links, Wurzeln der benachbarten Reihe sich nach rechts verzweigen. Diese Auszweigungen werden später durch den seitlichen Druck in eine Reihe gestellt.

Die Art der Verwachsung der Wurzeln derselben Reihe bei *T. radicans* ist nicht zu identificiren mit der Entstehung der sogenann-

ten einblättrigen Blumenkronen. Hier werden in den meisten Fällen nach der jetzt allgemein herrschenden Ansicht die Petalen und die ihnen superponirten Stamina am Blüthenboden gesondert angelegt, auch wenn sie später, mit vereinter Basis sich nachschiebend, am Grunde verwachsen sind; die primären Anlagen der Blätter sind daher gesondert. Bei *T. radicans* dagegen differenziren sich die einzelnen Wurzelscheitel später aus dem ursprünglich gemeinsamen rhizogenen Meristem. Ein Analogon dagegen findet die congenitale Wurzelverwachsung in der Entwickelung der Blätter der Equiseten; auch hier wächst bekanntlich anfangs eine Ringzone gemeinsam, später treten in ihr Vegetationspunkte auf, die sich zu Blattzähnen entwickeln[1]).

Neben der congenitalen Verwachsung der Luftwurzeln derselben Reihe beobachtet man bei *T. radicans* die von jener zu unterscheidende Vereinigung der Wurzeln benachbarter Reihen.

Zwischen je zwei dieser Reihen liegen in allen Fällen Hartbastbündel, welche ganz besonders zur Trennung der einzelnen Wurzelreihen beitragen. Bei dem energischen Wachsthum der rhizogenen Schichten und später der einzelnen Wurzeln schieben sich die Wurzelreihen zwischen den Hartbastbündeln durch, diese in die Länge ziehend (Taf. XVI. Fig. 10). Das Meristem des Wurzelscheitels liefert neue Rinden- und Haubenschichten, welche die Hartbastbündel immer mehr zusammendrücken, so dass diese zerreissen und nun der Vereinigung des Periblems und des Dermatogens der Wurzeln der einen Reihe mit den entsprechenden Geweben der Wurzeln der benachbarten Reihe keinen Widerstand mehr entgegensetzen. Wie bei den Wurzeln derselben Reihe, so bilden auch hier die Haubenschichten in Folge späterer Vereinigung ein sich über alle Wurzeln fortsetzendes, schützendes Gewebe. Auch die Rindenschichten sind am Scheitel vereinigt, dagegen ist die Trennungslinie zwischen den einzelnen Reihen schon früh an den langgezogenen Hartbastbündeln zu erkennen.

Während die Wurzeln derselben Reihe von Anbeginn ihrer Entstehung mit einander verwachsen sind, vereinigen sich die Wurzeln benachbarter Reihen erst nachträglich, doch schon innerhalb des Stammes. Die Verwachsung der Wurzeln derselben Reihe ist inniger, d. h. erstreckt sich auf mehr Schichten der Rinde als die bei Wurzeln verschiedener Reihen. In Folge dessen lösen sich denn

---

[1]) cf. auch Warming und Lad. Celakovsky: „Ueber die Blüthenwickel der Boragineen." Flora Jahrg. 63. 1880 No. 23, p. 364 u. 365. Reinke: „Lehrbuch der allgemeinen Botanik." Berlin 1880 p. 144.

auch zuerst die einzelnen Reihen von einander, dann die Wurzeln derselben Reihe.

Fehlt, wie es zuweilen vorkommt, zwischen zwei Wurzelreihen das Hartbastbündel, so kann die Verwachsung jener schon sehr früh eintreten und sehr innig werden, ich glaube sogar, dass in diesem Falle congenitale Verwachsung solcher benachbarter Wurzelreihen stattfinden kann. Auf einem Querschnitte durch den Tecomastamm an der Stätte der Luftwurzelbildung beobachtet man zuweilen einen in lebhafter Theilung begriffenen Zellcomplex, worin sich noch nicht verschiedene Wurzelscheitel differenzirt haben, trotzdem sie später auftreten, wie sich aus dem Vergleiche mit Querschnitten aus höheren Regionen deutlich ergiebt. — Jedenfalls sind innerhalb des Mutterstammes und noch etwa bis auf 0,5 mm. ausserhalb desselben sämmtliche Wurzeln eines Bündels mit einander verwachsen, theils in Folge congenitaler, theils durch nachträgliche Vereinigung. Der Querschnitt durch eine solche Region des Wurzelbüschels zeigt ein gleichartiges Grundgewebe mit gemeinsamer Epidermis und gemeinsamem Hypoderm. Die Centralcylinder liegen zerstreut in dem Grundgewebe, so dass das Bild einem Querschnitte durch einen Monocotylenstamm vergleichbar wäre, wenn die Centralcylinder nicht eine seriale Anordnung in vier Reihen erkennen liessen.

Ausser der Vereinigung der Beiwurzeln unter einander beobachtet man bei ihrem Hervorsprossen die Verwachsung der adventiven Wurzeln mit dem theilungsfähigen Gewebe des Mutterstammes. Diese Erscheinung ist jüngst durch H. Vonhöhm[1]) als bei derartigen Vegetationsverhältnissen allgemein gültig gefunden und beschrieben worden. Die Verschmelzung der jungen Wurzel mit dem Gewebe des Mutterstammes kann eine so innige sein, dass in einer gewissen Region eine deutliche Grenze zwischen beiden nicht zu erkennen ist. Das zwischen zweien solcher Reihen liegende Cambium und Phloem des Tecomastammes bildet, sich weiter theilend, ein interradiculäres, die Vereinigung benachbarter Wurzelreihen begünstigendes Gewebe. Dieses stammeigene Zwischenparenchym verbindet die Reihen am Grunde und lässt hier keine Trennungslinie beobachten, welche, wie oben gesagt, in einer höheren Region durch die langgezogenen Hartbastbündel gekennzeichnet ist.

Wir hätten somit festgestellt, in welchem Alter und auf welche Weise die Verwachsung der Luftwurzeln bei *T. radicans* vor sich

---

[1]) cf. H. Vonhöhm: „Hervorbrechen endogener Organe aus dem Mutterkörper.“ Flora Jahrg LXIII. 1880. No. 15—17.

geht. Die Wurzeln vereinigen sich in Folge von Mangel an Raum, was wiederum bedingt wird durch ihre massenhafte, eng bei einander erfolgende Entwickelung. Die Vereinigung ist eine unvollkommene d. i. Rindenverwachsung, woraus sich die im Ganzen und Grossen gleichartige Ausbildung der einzelnen Wurzeln erklärt.

Innerhalb des Stammes und etwa noch bis auf 0,5 mm. ausserhalb desselben sind die Wurzeln eines Bündels sammt und sonders mit einander verwachsen. Bald aber, nachdem sie die Rinde des Stengels durchbrochen und im Freien genügenden Raum zur Entwickelung erlangt haben, beginnen sie sich von einander zu trennen. Die einzelnen Wurzeln, besonders die der Mauer anliegenden, wachsen dann sehr in die Länge (sie werden 2 cm. lang, zuweilen noch länger), wobei sie sich wieder nähern können und neben einander hinwachsen. Es ist mir jedoch nicht gelungen eine Verwachsung zweier Wurzeln in diesem Alter zu beobachten, trotzdem sie keineswegs unwahrscheinlich ist. Sie müsste sich in derselben Weise vollziehen, wie die ausserhalb des Stammes stattfindende Vereinigung der Luftwurzeln von *Hedera* und *Hoya* (siehe unten).

9. **Trennung der Luftwurzeln.** Unter normalen Verhältnissen beginnt die Trennung der Beiwurzeln mit der Trennung der einzelnen Reihen von einander. Wenn, wie es zuweilen geschieht, zwischen den Wurzelreihen keine trennenden Hartbastbündel vorhanden sind, die Verwachsung in Folge dessen eine innige ist, kann die Vereinigung von Wurzeln benachbarter Reihen länger dauern als die von Wurzeln derselben Reihe. Ich beschränke mich jedoch auf die normalen Fälle. Die Trennung der Wurzelreihen geschieht naturgemäss von aussen nach innen: die beiden äusseren Wurzelreihen, indem sie nach rechts und links auseinander weichen, trennen sich zuerst von den beiden mittleren, welche längere Zeit mit einander vereinigt bleiben. In gleicher Direction geht die Trennung der Wurzeln derselben Reihe vor sich, von aussen nach innen d. i. von oben und unten nach der Mitte zu. Im Vergleich zu der Loslösung der einzelnen Reihen von einander ist hier der Vorgang ein verhältnissmässig langsamer wegen des geringeren Raumes zur Ausbreitung und damit des stärkeren gegenseitigen Druckes, wodurch die Wurzeln derselben Reihe länger vereinigt bleiben als die einzelnen Wurzelreihen. Oft sind sogar während ihrer ganzen Vegetationszeit, die in unseren Gärten freilich nur auf ein Paar Monate beschränkt ist, mehrere Wurzeln mit einander auch ausserhalb des Stammes verwachsen.

Einen genaueren Einblick in diesen Vorgang erhalten wir durch

die mikroskopische Untersuchung (Taf. XVI. Fig. 11). Während an der Spitze der einzelnen Wurzeln das Wachsthum durch Zellvermehrung am Vegetationspunkte energisch fortschreitet, erlischt es nach der Basis zu allmählich, um endlich ganz aufzuhören. Die nicht mehr theilungsfähigen Zellpartien in der Nähe der Wurzelbasis erleiden eine bedeutende Streckung in die Länge, während ihr Dickenwachsthum verhältnissmässig zurückbleibt. Schliesslich entsteht zwischen je zwei Wurzeln ein Riss durch das verbindende Rindengewebe. Auch diese Risse schreiten von aussen nach innen vor. Die entblössten Zellen sterben ab, ihre Membranen bräunen sich. Zugleich aber machen sich in einigen darunter liegenden Zellschichten des Rindenparenchyms Theilungen in tangentialer Richtung geltend, wodurch dem weiter fortschreitenden Absterben der äussersten Zellen ein Ziel gesetzt wird. Eine Zellschicht an jeder Wurzel bildet sich zur Epidermis aus, deren äussere Membranen cuticularisiren. Die darunter liegende Schicht wird Hypoderm. Ihre Zellen strecken sich in radialer Richtung und ihre seitlichen Scheidewände stellen sich anticlinisch. Einzelne Epidermiszellen endlich wachsen zu einzelligen Wurzelhaaren aus, welche im Verein mit denen der benachbarten Wurzeln ein die Wurzeln auch noch nach ihrer eigentlichen Trennung verbindendes Geflecht bilden.

II. Verwachsung von Wurzeln mit entwickelungsfähiger Epidermis. A. Hedera Helix *L.*

10. **Anatomie des Stammes.** Was die anatomischen Verhältnisse des Stammes von *Hedera Helix* anbetrifft, so mögen hier nur die beiden Systeme harzführender Intercellulargänge erwähnt werden. Von aussen nach innen vorschreitend treffen wir zunächst auf die im Rindenparenchym befindlichen Harzgänge, welche in regelmässiger Anordnung über dem Gefässbündelringe stehen. Die jeden Gang umgrenzenden Zellen können sich in tangentialer Richtung theilen und so eine doppelte Epitelialschicht um jenen bilden[1]). Das andere System von Intercellulargängen beobachtete Trécul[2]) im Markparenchym. Die Zahl dieser Intercellulargänge ist geringer als die der Saftgänge in der Rinde, doch ist ihre Anordnung ebenfalls kreisförmig und zwar so, dass einem inneren Gange ein äusserer

---

[1]) cf. Sachs: „Lehrbuch der Botanik." Leipzig 1874. Fig. 66 p. 79.

[2]) cf. M. A. Trécul: „Des vaissaux propres dans les Araliacées." An. d. sc. nat. Bot. Ser. V. T. VII. p. 60.

im Parenchym der Rinde gegenüberliegt. Holz- und Bastkörper zeigen die gewöhnlichen, characteristischen Elemente.

11. **Entstehung und Anatomie der Luftwurzeln.** Die Beiwurzeln entstehen, wie Regel[1]) beobachtete und beschrieb, aus dem Cambium an der Seite eines Fibrovasalstranges (Taf. XVII. Fig. 13).

Die Anatomie der Luftwurzeln wurde von van Tieghem[2]) näher studirt (Taf. XVII. Fig. 12). Das Rindenparenchym der Luftwurzeln, deren Epidermiszellen häufig zu langen Haaren auswachsen, besteht aus mehreren Zellreihen, deren Zellen bei stärkerer Vergrösserung fünf bis sechsseitige Intercellularräume zwischen sich lassen. Ausserdem finden sich zerstreut kleinere cubische Zellen, welche meist eine morgensternartige Druse von Krystallen oxalsauren Kalkes einschliessen. Derartige Krystalldrusen kommen auch in der Rinde und dem Bastparenchym des Mutterstammes vor. Die innerste Schicht des Rindenparenchyms der Wurzel bildet die Endodermis, deren Zellmembranen stark cuticularisirt und gebräunt sind. Der Centralcylinder beginnt mit einer rhizogenen Schicht und enthält die in die Ecken eines Pentagons gestellten fünf Xylemplatten und zwischen diesen, in den Mitten der Pentagonseiten die fünf Phloembündel. Erstere werden von drei bis vier engen, radial gestellten Gefässen zusammengesetzt, letztere bilden eine runde Gruppe von fünf bis sechs weiteren Zellen. Diese stehen in zwei Reihen, haben dünnere, doch glänzendere Membranen als die umgebenden Zellen und einen trüben Inhalt. Nach dem Centrum hin sind die Gefässe verbunden durch ein Gewebe pentagonaler Zellen, welche im Laufe der Zeit ihre Wände stark verdicken, so dass der Centralcylinder einem fünfseitigen Prisma mit eingebogenen Seitenflächen und vorspringenden Kanten, gebildet durch die Xylemplatten, gleicht. Auf den Seiten des Pentagons wird die rhizogene Schicht aus einer Reihe gewöhnlicher Zellen gebildet, doch an den Ecken, gegenüber den Holzstrahlen, ist sie durchbrochen. An diesen Stellen befindet sich je ein saftführender Gang, welcher von vier grösseren Zellen begrenzt wird.

Diese Beschreibung modificirt sich für eine Anzahl Luftwurzeln des Epheus. Die Zahl der Holzstrahlen sowohl als auch die der Bastbündel und die der Oelgänge ist nicht so constant, wie van Tieg-

---

[1]) cf. Fr. Regel: „Die Vermehrung der Begoniaceen aus ihren Blättern entwickelungsgeschichtlich verfolgt." Jen. Zeitschrift f. Med. u. Naturw. 1876. B. X. p. 489.

[2]) cf. Ph. van Tieghem: Recherches sur la Symétrie de Structure des Plantes vasculaires." An. d. sc. nat. Bot. S. V. T. XIII. p. 231 u. 243.

hem beschreibt; man hat häufig Gelegenheit, auch vier, sechs, sogar sieben Xylemstrahlen und entsprechend so viele Phloembündel und Intercellulargänge zu beobachten. In einigen Fällen sind diese Gänge nicht von vier, sondern von fünf Zellen umgrenzt. Die im Querschnitte mehr oder weniger isodiametrischen Zellen des die Holzstrahlen verbindenden Gewebes stellen sich im Längsschnitt als prosenchymatische an den Enden zugespitzte Faserzellen dar. Sie verdicken, wie die entsprechenden Zellen der Luftwurzeln von *Tecoma,* ihre Wände sclerenchymatisch. Die Verdickung ist tüpfelartig durchbrochen, so dass die Zellen dieses inneren Gewebes durchaus den Bastfasern gleichen und wohl als Aequivalent des Hartbastes gelten können. Die Sclerenchymmassen in den Luftwurzeln des Epheus bilden eine canellirte Säule mit vier bis sieben Riefen und ebenso vielen Rillen. An die Riefen stossen unmittelbar die Xylemplatten jene zuspitzend, in den Rillen liegen die primären Bastbündel.

Das Wachsthum der Wurzelspitze fällt unter den von Erikson[1]) aufgestellten zweiten Typus, wonach am Vegetationskegel nur zwei von einander deutlich geschiedene Gewebe zu erkennen sind: Plerom und ein für Rinde und Haube gemeinsames Muttergewebe. Es sei hier übrigens erwähnt, dass die von Erikson und früher von v. Janczewski[2]) aufgestellten Typen für das Wachsthum der Dicotylenwurzeln von Flahault[3]) verworfen und auf einen gemeinsamen, für alle Dicotylenwurzeln geltenden zurückgeführt werden.

Die adventiven Wurzeln entwickeln sich nur auf der vom Lichte abgewendeten Stengelseite ohne Ordnung und Localisation und werden erst in Folge mangelhafter Beleuchtung angelegt. Jede Stengelseite ist unbeleuchtet befähigt, Beiwurzeln zu treiben, welche bis 4 cm. lang werden können.

12. **Verwachsung der Luftwurzeln.** Wenn im Laufe ihrer Entwickelung Epheuluftwurzeln sich begegnen, so wachsen an den einander genäherten Stellen viele Epidermiszellen derselben zu mehr oder minder langen Papillen aus (Taf. XVII. Fig. 14). Diese treffen später von entgegengesetzten Seiten zusammen, platten sich ab und verwachsen mit einander, wobei ihre Zellmembranen durch eine Art Intercellularsubstanz verkittet werden. Zugleich treten in beiden, in Verbindung getretenen Epidermiszellen mehr oder weniger

---

[1]) cf. Erikson l. c. p. 414.

[2]) cf. v. Janczewski: „Recherches sur l'accroissement terminal des racines dans les Phanérogames." An. d. sc. nat. Bot. S. V. T. XX. p. 162—201.

[3]) cf. Flahault: „Recherches sur l'accroissement terminal des racines chez les Phanérogames." An. d. sc. nat. Bot. S. VI. T. VI.

regelmässige tangentiale und radiale Scheidewände auf, woraus ein verbindendes pseudoparenchymatisches Gewebe hervorgeht, welches in den meisten Fällen nur wenige Schichten hat. Auch die an den Berührungsstellen liegenden Zellen der Wurzelrinde erleiden Theilungen vorzüglich durch Periclinen (Taf. XVII. Fig. 15). Die äusseren Zellreihen des verbindenden Scheinparenchyms differenziren sich später zur Epidermis und treten mit den Epidermen der in Verwachsung begriffenen Wurzeln in unmittelbare Verbindung, so dass eine gemeinsame Oberhaut die vereinigten Theile umgiebt. Der hier geschilderte Verwachsungsprocess ist ähnlich der Verschmelzung des Sporogons von Anthoceros mit dem Thallus; hier wachsen die oberflächlichen Zellen des Fusses in Papillen aus; dieser grösseren oder geringeren Zahl von Papillen wächst in gleicher Weise das Gewebe des Archegoniumbauches entgegen [1]); die Papillen beider stossen auf einander, platten sich ab und verwachsen zu einem Scheinparenchym.

In feuchter Atmosphäre, wo sich der Epheu durch besonders starke Luftwurzelentwickelung auszeichnet, verwachsen viele Beiwurzeln mit einander zu weissen, bartförmigen Massen. Im Querschnitt bietet ein solcher Wurzelklumpen ein ähnliches Bild wie der Querschnitt durch die Wurzelbündel von *Tecoma,* wenn die Trennung der einzelnen Luftwurzeln in ihnen noch nicht eingetreten ist. Doch mangelt bei *Hedera* dem Bilde die Regelmässigkeit der Anordnung der Centralcylinder und die Gleichmässigkeit des gemeinsamen Rindengewebes.

Die von den Verwachsungsflächen entfernteren Epidermiszellen wachsen in lange, einzellige Wurzelhaare aus, welche sich vielfach über die Schnittfläche des Präparates legen und die Deutlichkeit desselben häufig beeinträchtigen. Bei zahlreicher Entwickelung von Luftwurzeln kann man zuweilen, doch nur selten, schon innerhalb des Stammes die Vereinigung von Luftwurzeln mit ihrem Rindenparenchym beobachten. Zur Differenzirung eines gemeinsamen Dermatogens und Periblems an den Wurzelscheiteln kommt es hingegen nicht, ebenso konnte congenitale Verwachsung nicht constatirt werden: Die Wurzelanlagen sind getrennt, die Vereinigung erfolgt erst ausserhalb des Stammes und ist nur eine Rindenverwachsung.

Auch bei *Hedera Helix* verwächst die hervorbrechende Luftwurzel mit dem umgebenden, theilungsfähigen Gewebe des Mutterstammes.

---

[1]) cf. Leitgeb: „Untersuchungen über die Lebermoose." V. Heft „Die Anthoceroteen." Graz 1879. p. 23.

B. Hoya carnosa. *R. Br.*

13. **Anatomie des Stammes.** Im Querschnitte zeigt der kletternde Stengel der Wachsblume folgende Zusammensetzung. Die Zellen der Epidermis, deren Cuticula reichliche Wachseinlagerung zeigt, sind verhältnissmässig klein und kurz. Auf die Epidermis folgt das etwa zehnschichtige, chlorophyllhaltige Rindenparenchym, dessen Zellen Intercellularräume zwischen sich lassen. Einzelne Zellen der innersten Reihen sind durch Krystalle oder morgensternartige Krystalldrusen von oxalsaurem Kalke ausgezeichnet. Das Leitsystem wird umgeben von einer meist einreihigen, gemeinsamen Stärkeschicht (Taf. XVII, Fig. 16), wie sie auch bei *Tecoma* beobachtet werden konnte. Die Zellen dieser ebenfalls als eine gemeinsame Schutzscheide zu betrachtenden Schicht sind im Längsschnitt (Taf. XVII. Fig. 18) nur wenig kürzer als die länglich parenchymatischen der übrigen Rinde. Die anfangs dünnen Membranen ihrer Zellen erfahren später eine starke Verdickung, welche nur an wenigen Zellen ausbleibt und durch zahlreiche Tüpfel durchbrochen ist. Mit Zunehmen der Verdickung verringern sich die Stärkekörnchen in den Zellen.

Unmittelbar unter der Schutzscheide folgt Bastparenchym, von welchem einzelne Zellen Krystalldrusen von oxalsaurem Kalke enthalten. In dem Bastparenchym zerstreut liegen im Kreise gestellt unter der Gefässbündelscheide die Hartbastbündel, welche aus getüpfelten Sclerenchymfasern zusammengesetzt sind. Der Weichbast unmittelbar über dem Cambiumringe enthält dünne Siebröhren. Auf das Cambium folgt der Holzring. Das Holz wird der Hauptsache nach aus Holzparenchym und getüpfelten Tracheiden gebildet. Das Holzparenchym macht den Eindruck, als ob es durch vielfache Querscheidewände aus langen prosenchymatischen Zellen hervorgegangen sei (Sanio's Fächerzellen). Gefässe kommen in dem äusseren Theile des Holzringes sehr vereinzelt vor, so dass man oft in einem ganzen Gesichtsfelde kein einziges antrifft. Dagegen finden sich regelmässig Spiralgefässe an der dem Marke zugekehrten Seite des Holzcylinders.

An der Innenseite des letzteren treten schwache, im Kreise stehende Cambiumbündel auf, dessen nach aussen gebildetes Xylem sich an das des äusseren Holzringes anlegt, während nach innen, dem Marke zu, Weichbast erzeugt wird.

Der Markcylinder wird gebildet aus nahezu isodiametrischen Zellen. Gruppen dieser Zellen verdicken später ihre Membranen sehr stark; die Verdickungen sind durch zahlreiche Tüpfel unterbrochen.

Endlich sind die von David[1]) beschriebenen, zahlreichen verzweigten Milchzellen zu erwähnen, deren Hauptstämme auch in das Mark hinein bei den inneren Bastbündeln vorbei Auszweigungen entsenden.

14. **Entstehung und Anatomie der Luftwurzeln.** Luftwurzeln können sich an jeder vom Lichte abgewendeten Seite des Stammes ohne Ordnung entwickeln. Sie haben ihren Ursprung im Cambium desselben und wurden zuerst von Fockens[2]) untersucht und beschrieben. Unter der Epidermis (Taf. XVII. Fig. 17), deren Zellen häufig zu Wurzelhaaren auswachsen, folgt ein einreihiges Hypoderm. Die Zellen desselben sind verhältnissmässig gross, im Längsschnitt kurz und in radialer Richtung gestreckt. Ihre äusseren Membranen zeigen eine stärkere Verdickung und dunklere Färbung. Dieses von Fockens als „Rudiment einer Wurzelhülle" bezeichnete Hypoderm umgiebt das acht- bis zehnschichtige Rindenparenchym, dessen innerste Zellreihe deutlich zur Endodermis entwickelt ist. Einzelne Rindenzellen enthalten Krystalldrusen von gleicher Zusammensetzung, wie sie in der Rinde und dem Baste des Stengels vorkommen. Ausserdem befinden sich inmitten der Wurzelrinde Gruppen stark verdickter Zellen, deren Lumen oft sehr klein ist, und deren Verdickungen von wenigen Tüpfeln durchbrochen sind. Zuweilen liegen diese mehr oder weniger runden Steinzellen auch vereinzelt. Die Endodermis umgiebt den mit einer rhizogenen Schicht beginnenden Centralcylinder. In diesem liegen zwei bis fünf (nicht wie Fockens beschreibt stets drei) Xylemplatten, welche in eine Art von Stern gestellt sind und Treppen-, Spiral- und Ringgefässe in der gewöhnlichen Anordnung enthalten. Zwischen ihnen liegen die Weichbastbündel, deren Zahl derjenigen der Xylemstrahlen entspricht. Das die Xylemplatten verbindende Füllgewebe, welches aus prosenchymatischen Zellen besteht, erleidet beim Aelterwerden der Wurzel ebenfalls eine Structurveränderung. Vom Xylem aus verdicken sich die Membranen dieses Gewebes stark, so dass ein zwei- bis fünfkantiges, aus prosenchymatischen Sclerenchymfasern zusammengesetztes Prisma resultirt. Später, indem die Verdickung der Zellen des Centralcylinders fortschreitet, geht die im Querschnitte mehr oder weniger deutliche Sternform in eine länglich ovale über.

---

[1]) cf. David: „Ueber Milchzellen der Euphorbiaceen, Moreen, Apocineen, Asclepiadeen." Breslau 1872.

[2]) Fockens: „Ueber die Luftwurzeln der Gewächse." In. Diss. m. 4 Taf. Göttingen 1857 p. 63. 71.

Im Querschnitte sind die Holzgefässe wenig von den Sclerenchymfasern zu unterscheiden, dagegen tritt der Weichbast durch seine stark glänzenden Zellmembranen deutlich hervor. Das Scheitelwachsthum der Luftwurzeln bildet nach Erikson[1]) den Uebergang von Typus I. zu II., da Rinde und Haube nur undeutlich von einander zu unterscheiden sind.

15. **Verwachsung der Luftwurzeln.** Die Verwachsung der Luftwurzeln erfolgt in derselben Weise, wie oben bei denen des Epheus beschrieben wurde (Taf. XVII. Fig. 19). Nähern sich zwei Beiwurzeln, so wachsen ihre Epidermiszellen in Papillen aus, in den meisten Fällen sehr regelmässig. Sie stossen endlich von entgegengesetzten Seiten aus auf einander, platten sich eckig ab und verwachsen mit einander. Das so entstandene, verbindende Scheinparenchym wird aus radial gestreckten Zellen gebildet und besteht in vielen Fällen nur aus den zwei Reihen mit einander verwachsener Epidermiszellen, da nur sehr vereinzelt sich Theilungen durch Periclinen und Anticlinen geltend machen. Die von der Berührungsstelle entfernteren Epidermiszellen wachsen auch bei *Hoya* zu Wurzelhaaren aus, doch sind diese meist kürzer und verwirren nicht den Schnitt, wie es bei den Epheuwurzeln häufig der Fall ist.

Die Vereinigung der Adventivwurzeln der Wachsblume ist loser als bei denen von *Tecoma* und *Hedera;* nie konnte ich an dem Verbindungsgewebe die Differenzirung einer besonderen Epidermis beobachten wie bei den klumpenförmigen Verwachsungen der Epheuluftwurzeln. Auch hier ist die Vereinigung der jungen Wurzel mit dem umgebenden, theilungsfähigen Gewebe des Stammes stets zu constatiren. Während die Wurzel hervorbricht, drängt sie die Hartbastbündel und die Rindenschichten zur Seite, vereinigt sich aber innig mit dem Bastparenchym, so dass hier keine Grenze zwischen Stamm und Wurzel zu erkennen ist.

Die Verwachsung der Luftwurzeln von *Hedera* und *Hoya* ist wie die bei Tecoma nur eine Rindenverwachsung; eine eingreifende Veränderung der betreffenden Theile ist daher auch hier nicht zu beobachten. Die Verwachsung wird meist dadurch veranlasst, dass die Beiwurzeln zu geringen Raum zur selbstständigen Entwickelung haben und dass an den Contactflächen durch den gegenseitigen Druck ein Wachsthumsreiz auf beide Theile ausgeübt wird. Dieser ist jedoch gering und führt nur zu einer sehr oberflächlichen Vereinigung durch ein schwaches Zwischengewebe ohne differenzirte Epider-

---

[1]) cf. Erikson l. c. p. 423. Fig. 9.

mis (wie bei *Hoya carnosa*) oder zu einer innigen Verwachsung, wobei das Verbindungsgewebe eine besondere Epidermis differenziren kann, welche sich mit der Epidermis der im Verwachsungsprocesse begriffenen Theile vereinigt (die bartförmigen Vereinigungsmassen von *Hedera Helix* zeigen dies) oder endlich es sind die Luftwurzeln von Anfang an von einem gemeinsamen Dermatogen und damit von einem gemeinsamen Rindenparenchym umgeben (wie bei der Verwachsung der Luftwurzeln von *Tecoma radicans*).

III. Verwachsung von Wurzeln, bei denen Borkenbildung eingetreten ist.

16. Zwei Hauptgründe, dass eine Vereinigung der Luftwurzeln von *Tecoma radicans*, *Hedera Helix* und *Hoya carnosa* bis zum Centralcylinder nicht eintritt, sind, glaube ich, die kurze Vegetationszeit und das geringe Dickenwachsthum der Beiwurzeln. Beide Bedingungen sind im Gegensatz zu den oben besprochenen Fällen bei dem Zusammentreffen älterer Pflanzentheile gegeben, welche stärkeres Dickenwachsthum besitzen.

Auch hier habe ich mich auf die Verwachsung von Wurzeln beschränkt; doch ist wohl anzunehmen, dass die Vereinigung von Stämmen oder Aesten in keiner von der der Wurzeln verschiedenen Art vor sich geht. Meine Versuche, den fortschreitenden Hergang einer Verwachsung direct zu verfolgen, schlugen fehl. Diesbezügliche Versuche stellte ich an Zweigen von *Ficus scandens* in den Treibhäusern des Herrn Obergärtner Schütz hierselbst an, welcher mir dabei vielfache Hülfe leistete. Zweige, theils mit verletzter Rinde, theils bis auf das Holz bloss gelegt, theils unversehrt wurden zusammengebunden; doch nirgends und zu keiner Zeit, sogar nachdem sie an zwei Monate vereinigt geblieben, war Callusbildung eingetreten: die blossgelegten Gewebeschichten waren unter Austritt gummi- und harzartiger Stoffe abgestorben.

Ich erwähnte bereits, dass es mir nicht gelungen sei, beginnende Verwachsungen jüngster Wurzeln im Walde zu finden. Es scheint mir nicht wahrscheinlich, dass junge Wurzeln mit noch entwickelungsfähiger Epidermis mit älteren Wurzeln, bei denen bereits Borkenbildung eingetreten ist, verwachsen. Begegnen sich zwei Wurzeln so verschiedenen Alters, so legt sich die junge Wurzel einfach an die Borke der alten an, ohne irgend welchen Einfluss auf die Entwickelung dieser auszuüben, bis sie nach einer Anzahl von Jahren durch Dickenwachsthum genügend erstarkt ist, um gegen die Einwirkung der älteren Wurzel reagiren zu können, indem auch sie

nun die Verdrängung der abgestorbenen Borke an der Berührungsstelle befördern hilft. Erst nachdem dieses geschehen, ist eine Verwachsung beider möglich.

Die von mir angestellten Beobachtungen und Untersuchungen ergaben in Bestätigung und theilweiser Ergänzung der früheren vorzüglich durch Göppert und neuerdings auch durch Seidel festgestellten Ansichten, dass drei Umstände zusammenwirken müssen, um eine Vereinigung von Pflanzentheilen zu ermöglichen: erstens gegenseitiger Druck[1]), zweitens die Natur der Pflanzen (nur Individuen derselben Art können mit einander verwachsen) und drittens die Beschaffenheit der auf einander treffenden Gewebe. Keineswegs alle Gewebe einer Pflanze haben die Fähigkeit zu verwachsen, sondern nur diejenigen, deren Zellen theilungsfähig sind. So können Rindenparenchym, Weichbast und Cambium, nie aber Hartbast und Holz sich vereinigen. Ebenso können junge, theilungsfähige Gewebe sich nicht mit abgestorbenen oder theilungsunfähigen vereinigen.

17. Zur mikroskopischen Untersuchung von Verwachsungen wählte ich die Wurzeln von *Fagus sylvatica*. Während die ersten Erscheinungen des Vereinigungsprocesses dieselben sind, wie sie Göppert an Coniferenwurzeln beschrieb, modificirt sich die Verwachsung der Holzkörper, welche nicht ohne weiteres in Verbindung treten. Begegnen sich zwei Buchenwurzeln, so üben sie in Folge ihres Dickenwachsthums einen gegenseitigen Druck auf einander aus. Hierdurch werden Theile der Borke, Rinde und des Bastes nach aussen gedrückt, wobei eine vorübergehende Vereinigung der Rindengewebe sehr wohl eintreten kann. Nicht alle Borken- und Rindenpartien jedoch werden nach aussen gedrängt, ein Theil bleibt an der Contactfläche eingeschlossen und trennt die innern Holzkörper von einander. Die Verwachsung dieser wird durch das Markstrahlcambium vermittelt; denn die theilungsunfähigen älteren Holzgewebe selbst sind auch nicht vereinigungsfähig. Während die an der Berührungsfläche eingeschlossenen Holzcambiumlagen ihre Thätigkeit bald einstellen, breiten sich die Markstrahlen, welche vielfache Ablenkungen in ihrer ursprünglichen Richtung erleiden, an den Contactflächen fächerförmig aus und bilden ein intermediäres, theilungs- und verwachsungsfähiges Gewebe. Dieses theilt sich nach allen Richtungen hin und drückt die eingeschlossenen braunen, inselartige Partien bildenden Rinden- und Borkenstücke mehr und mehr zusammen. Stossen die Markstrahlge-

[1]) Gegenseitige Reibung ist wohl nur als ein vom Drucke bedingtes Moment anzusehen, welches freilich fördernd in den Vereinigungsprocess eingreift.

webe beider Wurzeln aufeinander, so vereinigen sie sich und verbinden somit die Holzkörper der Wurzeln. Vielleicht übt das Markstrahlencambium einen auflösenden Einfluss auf die eingeschlossenen Gewebe aus, so dass diese von jenem resorbirt werden, und der trennende Zwischenraum im Innern der beiden in Verwachsung begriffenen Wurzeln endlich ganz von dem verbindenden, intermediären Markstrahlengewebe ausgefüllt wird. Schliesslich stossen auch die Cambiumringe an den Seiten auf einander und vereinigen sich zu einem die beiden Wurzeln umhüllenden Cambiummantel; von nun an legen sich daher die Jahresringe gemeinsam um die verwachsenen Holzkörper.

18. Der Vorgang der innern Verwachsung zweier sich vereinigender Rothbuchenwurzeln erinnert vielfach an den Veredelungsprocess von Bäumen und Sträuchern, wie ihn Göppert[1]) beschrieben hat. Hier wie dort erkennt man ein aus den Markstrahlen resultirendes, intermediäres Zellgewebe, welches die völlige Vereinigung der betreffenden Theile herbeiführt. In beiden Fällen vollzieht sich die Vereinigung nicht in einem Jahre, beansprucht vielmehr zwei bis drei Jahre. Von zwei untersuchten, mit einander verwachsenen Buchenwurzeln war die eine etwa vier, die andere elf Jahre alt, als sie sich trafen. Sie entwickelten, gegen einander wachsend, den fünften resp. zwölften Jahresring, welche sich jedoch nicht trafen, sondern blos an der Contactfläche beider Wurzeln vielfache Einbuchtungen in Folge gegenseitigen Druckes erlitten. Auch der sechste, resp. dreizehnte Jahresring vereinigte sich noch nicht; sie waren vielmehr an der Berührungsstelle getrennt durch das bereits in Thätigkeit getretene Markstrahlengewebe, in welches sie mehr oder minder deutlich übergingen. Erst nach Verlauf dieser Zeit wurden Borke, Rinde und Bast so weit verdrängt, dass die Cambiumringe aufeinander stossen und verwachsen konnten, und von nun an sind der siebente, resp. vierzehnte und die folgenden Jahresringe beiden Wurzeln gemeinsam. Die ersten dieser gemeinsamen Jahresringe sind naturgemäss an den Seiten der Contactfläche eingebogen; doch gleichen sich allmählich die Einbuchtungen aus. — Der Verwachsungsprocess unterscheidet sich aber von dem der Veredelung dadurch, dass bei diesem eine deutliche Demarkationslinie (Göppert) zu erkennen ist, welche dort fehlt. Die Vereinigungsstelle zweier Rothbuchenwurzeln ist vielmehr gekennzeichnet durch die dunklere Färbung des Holzes und die eng bei einander liegenden Markstrahlen, welche stellenweise sehr verbreitert und dunkler gefärbt sind.

[1]) cf. Göppert: „Ueber innere Vorgänge bei dem Veredeln der Bäume und Sträucher." Cassel 1874.

19. Mit der Verwachsung Hand in Hand geht eine Dislocation der Jahresringe in Folge gegenseitigen Druckes, welchen die sich vereinigenden Wurzeln auf einander ausüben. Auf diese durch Druck veranlassten Veränderungen der Richtung der Gewebe hat zuerst Schwendener[1]) aufmerksam gemacht. Die Jahresringe (Taf. XVII. Fig. 20) werden an der Contactfläche der Wurzeln in ihrer normalen, kreisförmigen Ausbildung gehindert, sie sind an dieser Stelle merklich schwächer und concav nach innen gebogen, während sie an den Seiten der Berührungsfläche stärker als sonst entwickelt sind. Diese Ablenkung ist besonders stark bei den Jahresringen, welche sich während des Verwachsungsprocesses der Wurzeln bilden, macht sich aber auch schon bei denjenigen geltend, welche sich von dem Zeitpunkte des Aufeinandertreffens der Wurzeln entwickeln, doch so, dass die concaven Einbiegungen nach dem Centrum zu schwächer werden, um endlich ganz aufzuhören. Die schon vor der Berührung der Wurzeln fertigen Jahresringe, die sich völlig normal, kreisförmig ausbilden konnten, erleiden keine nachträgliche Aenderung, wie ich im Gegensatz zu Schwendener annehmen möchte. Dagegen ändert sich die Richtung der Markstrahlen, welche unter normalen, ungestörten Vegetationsverhältnissen ein System orthogonaler Trajectorien (Schwendener) zu den Jahresringen bilden. Sie wenden sich nach aussen und stellen sich in Folge vielfach gestörter Wachsthumsverhältnisse häufig schiefwinklig zu den Jahresringen. Innerhalb dieser, auch der bereits vor der beginnenden Verwachsung der Wurzeln gebildeten, sind sie häufig gebogen, nicht selten sogar doppelt. Die schon vor dem Aufeinanderstossen der Wurzeln fertigen Theile der Markstrahlen erfahren ebenfalls keine Ablenkung.

Der durch das Dickenwachsthum zweier in Verwachsung begriffener oder überhaupt in ihrem Wachsthum sich hindernder Pflanzentheile hervorgerufene Druck beeinflusst also die Structurverhältnisse der betreffenden Theile, indem er eine Ablenkung der Gewebe von ihrer ursprünglichen Wachsthumsrichtung veranlasst.

20. Vollkommene d. h. Holzverwachsungen gestatten, worauf schon Göppert und nach ihm Seidel hingewiesen haben, den verwachsenen Theilen gegenseitige Ernährung. Es gelang mir einen, wie ich meine, schlagenden Beweis für diese Ansicht zu finden (ebenfalls am Zobtenberge, District 2), und ich stehe nicht an dieses

---

[1]) cf. Schwendener: „Ueber die durch Wachsthum bedingte Verschiebung kleinster Theilchen in trajectorischen Curven.“ Monatschrift d. Kgl. Ac. d. Wiss. z. Berlin. April 1880 p. 424. Taf. II. Fig. 9.

Beweisstück den vielen anderen, besonders von Göppert gegebenen, hinzuzufügen. Drei Rothbuchenstämme wachsen in geringer Entfernung von einander. Je zwei von ihnen sind in einer Höhe von etwa 10′ durch einen wagerechten Ast innig mit einander verwachsen. Auf eine nicht mehr festzustellende Weise wurde der eine Stamm unterhalb der Verwachsungsstelle vernichtet, so dass jeglicher Zusammenhang mit dem darunter stehenden Stumpfe verloren ging und das Stammende unterhalb der Verwachsung durch den wagerechten Ast in langen Holzsplittern und Fetzen frei in die Luft ragt. Trotzdem vegetirt der über der Vereinigung befindliche Stammwipfel weiter. Festgehalten und ernährt vom benachbarten Stamme durch Vermittelung des wagerechten Astes treibt er Zweige, Blätter und Blüthen und steht den beiden andern Stämmen kaum an Ueppigkeit nach, während auf dem etwa 1,5′ hohen, längst verrotteten Stumpfe Waldkräuter und junge Sträucher ihren Wohnsitz aufgeschlagen haben.

Rinden- und Holzverwachsungen kommen nur zwischen Individuen derselben Art vor (ausgenommen sind nach Göppert Tanne und Fichte); nie aber findet eine Vereinigung verschiedener Arten statt.

Ich fand eine Eichenwurzel, welche von zwei mit einander verwachsenen Fichtenwurzeln umwachsen und so fest zwischen diese eingekeilt war, dass sie nur durch Zerstörung der Fichtenwurzeln loszulösen war. Trotz gewaltigen Druckes, wie man aus den vielfachen Ablenkungen der Jahresringe und Markstrahlen insbesondere bei der Eichenwurzel bemessen konnte, war keinerlei Vereinigung von Eichen- und Fichtenwurzeln eingetreten. Besonders an einer Stelle war die Grenze zwischen der helleren Eichenrinde und der dunkleren Fichtenrinde deutlich zu erkennen. An den meisten Stellen waren die Rinden- und Borkentheile verrottet, wozu sich seitens der Fichtenwurzeln auch reichlicher Harzausfluss gesellte. Das Original stammt ebenfalls aus dem Zobtener Reviere.

Hieraus ergiebt sich von selbst, dass Pflanzen verschiedener Art sich nicht ernähren können.

21. **Zusammenfassung der eigenen Untersuchung.** Nach der Beschaffenheit der verwachsenden Pflanzentheile unterscheiden wir I. congenitale Verwachsung, II. Verwachsung von Pflanzentheilen mit entwickelungsfähiger Epidermis, III. Verwachsung von Pflanzentheilen mit peridermatischer Borkenbildung. Die beiden ersteren sind immer nur unvollkommene d. i. Rindenverwachsungen, während bei der letzten meist vollkommene d. i. Holzverwachsungen zu Stande kommen, welche eine gegenseitige Ernährung der verwachsenen Theile ermöglichen.

Congenitale Wurzelverwachsung beobachtet man an den Luftwurzeln derselben Reihe bei *Tecoma radicans.* Die Adventivwurzeln von *Tecoma* brechen in 4 Wurzelbündeln an bestimmten Stellen des Stengels hervor, in deren Epidermis trichterförmige, kurzgestielte Köpfchendrüsen eingesenkt sind und dessen Gefässbündelsystem von einer als Schutzscheide auftretenden Stärkeschicht umgeben ist. Die in normalen Fällen aus je 4 Wurzelreihen zusammengesetzten 4 Wurzelbüschel stehen, 2 an der Vorder-, 2 an der Hinterseite des Stengels unterhalb der Blattbasis, von wo aus sie sich abwärts in basifugaler Richtung entwickeln. Die Wurzeln einer Längsreihe haben ihren Ursprung in einer gemeinsamen, theilungsfähigen, rhizogenen Längszone des Cambiums, in welcher später Vegetationspunkte auftreten, die sich selbstständig zu Wurzeln weiter entwickeln. Ihre Pleromcylinder bleiben stets getrennt und vereinigen sich niemals mit einander; sie liegen serial geordnet in dem gemeinsamen Periblem, welches von einem gemeinsamen Dermatogen begrenzt ist. Auch die Wurzeln benachbarter, durch Hartbastbündel getrennter Reihen verwachsen noch innerhalb des Stammes, oft sehr zeitig, so dass sämmtliche Wurzeln eines Bündels im Stamme und noch etwa 0,5 mm. ausserhalb desselben durch Rindenverwachsung verbunden sind. In einem gemeinsamen Rindenparenchym, welches von einem gemeinsamen, einschichtigen Hypoderm und von einer gemeinsamen Epidermis umgeben ist, liegen in 4 Reihen serial angeordnet die Centralcylinder. Sobald die Luftwurzeln freieren Raum zur Entwickelung erlangt haben, trennen sie sich von einander. Die Trennung erfolgt von aussen nach innen; es trennen sich zuerst die Wurzelreihen von einander, dann die einzelnen Wurzeln derselben Reihe.

Die zweite Art der Verwachsung wurde bei den Luftwurzeln von *Hedera Helix* und *Hoya carnosa* constatirt. Sie hat ein Analogon in der Verwachsung des Sporogons von einigen Bryophyten (z. B. Anthoceros) mit der Frons. Nähern sich zwei Luftwurzeln, so wachsen an den einander genäherten Stellen die Epidermiszellen zu Papillen aus, stossen von entgegengesetzten Seiten aufeinander, platten sich ab und verwachsen, nachdem sie vorher durch die Substanz ihrer vereinigungsfähigen Zellmembranen zusammenklebten. Mehr oder weniger auftretende, tangentiale und radiale Scheidewände erzeugen ein die Wurzeln verbindendes Scheinparenchym, bei welchem es, wie bei *Hedera,* zur Differenzirung einer besonderen Epidermis kommen kann, welche mit den Oberhäuten der verwachsenden Wurzeln in Verbindung tritt. Bei *Hoya* ist das die Wurzeln verbindende, intermediäre Gewebe dünn, meist zweischichtig und auf die beiden verwachsenen

Epidermiszellreihen beschränkt. Die Differenzirung einer besonderen Epidermis des Verbindungsgewebes konnte nicht beobachtet werden. — Auch der Stamm von *Hoya carnosa* zeigt eine als gemeinschaftliche Schutzscheide zu deutende Stärkeschicht, deren Zellen sich im Laufe der Zeit stark verdicken. Verdickte getüpfelte Sclerenchymzellen kommen gruppenweise im Marke des Stengels vor. Die Anzahl der Xylemplatten und der Bastbündel in den Luftwurzeln schwankt bei *Hedera Helix* zwischen 4 und 7, bei *Hoya carnosa* zwischen 2 und 5. Die Zellen des die Xylemplatten verbindenden Füllgewebes sind bei den Luftwurzeln aller drei betrachteten Pflanzen, bei *Tecoma, Hedera* und *Hoya,* lang prosenchymatisch und verdicken sich im Laufe ihrer Entwickelung sclerenchymartig.

Drei Bedingungen müssen erfüllt sein, um eine Vereinigung von Pflanzentheilen zu ermöglichen: 1. die betreffenden Theile müssen einen gegenseitigen Druck auf einander ausüben, 2. die Pflanzen müssen derselben Art angehören; Verwachsung zwischen Individuen verschiedener Species ist noch nicht beobachtet, mit Ausnahme von Tanne und Fichte (Göppert), 3. die Gewebe, mit denen die betreffenden Pflanzentheile an den Contactflächen zusammentreffen, müssen noch theilungsfähig sein, wobei vermuthlich durch eine verkittende Substanz ihre Zellmembranen adhäriren. So sind Rindenparenchym, Weichbast, Cambium, nicht aber Periderm, Hartbast und Holzgewebe verwachsungsfähig; ebenso verwachsen junge theilungsfähige Gewebe niemals mit theilungsunfähigen Geweben.

Bei den Dicotyledonenwurzeln mit Cambiumcylinder, speciell bei denen der Rothbuche, geht die vollkommene d. i. Holzverwachsung auf eine doppelte Weise vor sich.

Die Borken- und Rindenschichten werden an der Berührungsfläche durch den Druck der verwachsenden Wurzeln theilweise nach aussen gedrängt; ein anderer Theil der Borke, Rinde und des Bastes wird zwischen den Wurzeln an der Contactfläche eingeschlossen, verrottet und bildet braune, inselartige Partien zwischen den beiden Holzkörpern. Das Holzcambium stellt an der Contactfläche seine Thätigkeit ein; dagegen breiten sich die Markstrahlen fächerförmig aus und bilden durch vielfache Theilungen nach allen Richtungen hin ein intermediäres, verbindendes Meristemgewebe, welches die eingeschlossenen, abgestorbenen Elemente verdrängt, vielleicht resorbirt und sich mit dem gleichen Markstrahlengewebe der anderen Wurzel vereinigt, so dass der Raum zwischen den Holzkörpern der beiden Wurzeln schliesslich ganz von dem Verbindungsgewebe ausgefüllt wird. Endlich stossen die Cambiumzonen seitlich auf einander, ver-

einigen sich und entwickeln gemeinsame Jahresringe. Dieser Verwachsungsprocess beansprucht wie der Veredelungsprocess mehrere Jahre.

In Folge des gegenseitigen Druckes, welchen das Dickenwachsthum sich vereinigender oder überhaupt in ihrer Entwickelung sich beeinträchtigender Wurzeln veranlasst, erleiden Jahresringe und Markstrahlen mannigfache Richtungsveränderungen. Die Ablenkung der Jahresringe und Markstrahlen tritt ein, sobald sich die beiden Wurzeln mit ihrer Rindenfläche berührten, und noch ehe die Verwachsung stattgefunden hat; sie schwächt sich jedoch nach dem Markcylinder zu ab und ist an der Verwachsungsstelle am stärksten. Die vor der Berührung fertigen Holzgewebe erleiden keine Veränderung. Die unter normalen Verhältnissen ein System orthogonaler Trajectorien (Schwendener) zu den Jahresringen bildenden Markstrahlen wenden sich nach der Seite des geringsten Druckes, nach aussen, wobei sie durch ihren dichten Verlauf die Vereinigungsstelle der Wurzeln bezeichnen und schneiden häufig unter spitzen Winkeln die Jahresringe. Innerhalb dieser, auch der schon vor der Verwachsung fertigen Jahresringe sind die Markstrahlen gebogen, oft geschlängelt. Die Neubildungen in verwachsenden Wurzeln verhalten sich demnach wie eine plastische Masse, deren Ausbildung durch verschiedene Druck- und Zugkräfte bedingt ist.

Breslau, März 1881.

Figuren-Erklärung.

Tafel XVI.

Tecoma radicans *Juss.*

Fig. 1. Stammstück mit den 4 Luftwurzelbüscheln.

Fig. 2. Schematischer Querschnitt durch den Stamm dicht unterhalb der Blattbasis. m. Markcylinder, h. Holzring, c. Cambium, b. Bastring, w. Luftwurzelbüschel, st. Stärkeschicht.

Fig. 3. Querschnitt durch den Stamm. kd. Köpfchendrüse, ep. Epidermis, hy. Hypoderm, r. Rindenparenchym, st. Stärkeschicht, hb. Hartbastbündel, wb. Weichbast, c. Cambium, h. Holz, eg. endogenes Gefässbündel.

Fig. 4. Stärkeschicht (st.) im Längsschnitt, r. Rindenparenchym, b. Bast.

Fig. 5. 2 junge am Scheitel durch das Dermatogen (d.) zusammenhängende, durch ein Hartbastbündel (hb.) am Grunde getrennte Luftwurzeln, pe. Periblem, pl. Plerom, c. Cambium des Stammes.

Fig. 6. Längsschnitt durch die in unregelmässiger Zellvermehrung begriffene Scheitelkante (sk.) einer Wurzelreihe.

Fig. 7. Längsschnitt durch eine Wurzelreihe; die Plerome (pl.) sind von einander getrennt, Periblem (pe.) und Dermatogen (d.) sind sämmtlichen Wurzeln gemeinsam.

Fig. 8. Querschnitt durch 2, bei x. noch zusammenhängende Luftwurzeln. Der Centralcylinder mit Endodermis (e.), rhizogener Schicht (rh.), den 4 Holzplatten (h.), 4 Bastbündeln (b.) und beginnender Verdickungsleiste (vl.).

Fig. 9. Querschnitt durch ein Luftwurzelbüschel; die 4 Luftwurzelreihen und die Wurzeln sind in Trennung begriffen.

Fig. 10. Theilweiser Längsschnitt durch 2 am Scheitel durch das Dermatogen (d.) noch verbundene Luftwurzeln; das Hartbastbündel (hb.) ist durchbrochen, ein Theil nach aussen gedrängt, der andere zwischen den Wurzeln in die Länge gezogen.

Fig. 11. Querschnitt von 3 sich trennenden Luftwurzeln, die punktirten Linien deuten die zukünftigen Umrisse der Wurzeln an.

Tafel XVII.

Hedera Helix *L.*

Fig. 12. Querschnitt durch eine Luftwurzel. e. Endodermis, rh. rhizogene Schicht, b. Bastbündel, h. Holzplatten, i. Intercellulargang, kr. Kristalldrusen.

Fig. 13. Entstehung der Luftwurzel. d. Dermotogen, pe. Periblem, pl. Plerom, c. Cambium.

Fig. 14. Querschnitt durch 2 Luftwurzeln an der Stelle der Verwachsung, die Epidermiszellen gegen einander wachsend.

Fig. 15. Querschnitt durch das Verbindungsgewebe zweier Luftwurzeln, die Zell-Theilungen durch Periclinen zeigend.

Hoya carnosa *R. Br.*

Fig. 16. Querschnitt durch den Stengel mit hervorbrechender Luftwurzel (im Längsschnitt), hb. Hartbastbündel, st. Stärkeschicht.

Fig. 17. Querschnitt durch eine Luftwurzel. e. Endodermis, rh. rhizogene Schicht, b. Bastbündel, h. Holzplatten, vl. Verdickungsleiste, kr. Krystalldrusen, sc. Sclerenchymzellen.

Fig. 18. Stärkeschicht (st.) im Längsschnitt. r. Rindenparenchym, b. Bast.

Fig. 19. Querschnitt durch die Verwachsungsstelle zweier Luftwurzeln.

Fagus silvatica *L.*

Fig. 20. Querschnitt durch 2 verwachsene Wurzeln, die durch den Druck abgelenkten Markstrahlen und Jahresringe zeigend.

Ueber das Längenwachsthum von Pflanzenorganen bei niederen Temperaturen.

Von

Professor Dr. **Oskar Kirchner** in Hohenheim.

I. Einleitung.

Unsere Kenntniss von den äusseren Erscheinungen, aus denen sich das Längenwachsthum von Pflanzenorganen zusammensetzt, sowie von der Einwirkung äusserer Agentien auf dieses Wachsthum beruht in seiner jetzigen Gestalt in erster Linie auf den auch auf diesem Gebiete der Pflanzenphysiologie grundlegenden Arbeiten von J. Sachs. Ihm verdanken wir auch die bemerkenswerthesten Beobachtungen über den Einfluss der Temperatur auf den Gang des Längenwachsthums [1]). Er lieferte zuerst an der Hand ausgedehnter Versuche den Beweis, dass das Längenwachsthum der Organe höherer Pflanzen in engere Temperaturgrenzen eingeschlossen ist, als diejenigen sind, welche dem pflanzlichen Leben schlechthin Schranken setzen, insbesondere, dass für jene Erscheinung obere und untere Grenztemperaturen vorhanden sind, welche für verschiedene Pflanzenarten und für verschiedene Entwickelungsstadien derselben Pflanze in verschiedener Höhe liegen. Zwischen diesen beiden extremen Temperaturen beobachtete Sachs eine dritte, bei welcher (dieselbe als constant gedacht) das Längenwachsthum am intensivsten von statten geht, um von ihr aus gerechnet nach beiden Grenzen hin an Intensität zu verlieren. Diese drei für verschiedene Pflanzenarten verschieden liegenden festen Punkte am Thermometer nannte Sachs Minimum, Optimum und Maximum für das Längenwachsthum der betreffenden Pflanzenart. Er schlug zur Feststellung dieser drei Cardinalpunkte den Weg ein, Samen verschiedener Pflanzenarten möglichst lange

[1]) J. Sachs: Physiologische Untersuchungen über die Abhängigkeit der Keimung von der Temperatur. (Jahrb. für wissensch. Bot. II. S. 383.) — Experimentalphysiologie S. 55. — Lehrbuch 4. S. 801.

Zeit constanten Temperaturen bei im Uebrigen gleichen, für die Keimung günstigen Verhältnissen auszusetzen; er machte sodann aus der Länge der Zeit, binnen welcher die Keimung eintrat, auf die Art der Einwirkung der Temperatur einen Schluss. Unterblieb bei gewissen, dem Nullpunkt nahe liegenden Temperaturen die Keimung vollständig, so wurde geschlossen, dass diese Temperaturen unterhalb des Minimum lagen; trat bei verhältnissmässig hohen (d. h. + 50° C. sich nähernden) Temperaturen Keimung nicht mehr ein, so wurden diese als oberhalb des Maximum liegend angesehen. Durch fortgesetzte Versuche in dieser Richtung liessen sich die drei Cardinalpunkte, wenn auch nicht immer genau feststellen, so doch in ziemlich enge Grenzen einschliessen. Die mit dieser Methode an Keimwurzeln gewonnenen Resultate verallgemeinert Sachs mit Recht und wendet sie auf das Längenwachsthum der Pflanzen überhaupt an, da ein Wachsthum auf Kosten der im Samen aufgespeicherten Reservestoffe aller Voraussicht nach nicht wesentlich von demjenigen Wachsthum abweichen dürfte, welches unter Verwendung der von der heranwachsenden Pflanze selbst bereiteten Baustoffe vor sich geht.

Spätere Untersuchungen von Sachs selbst[1]), sowie von Anderen[2]) bestimmten das Optimum und Maximum nicht nach der bis zum Hervorbrechen der Keimwurzeln verstreichenden Zeit, sondern durch Vergleichung der Wurzellängen, welche bei verschiedenen Temperaturen in gleichen Zeiträumen erzielt wurden. Zur Feststellung des Minimum liess diese Methode sich natürlich nicht verwenden, daher ist man zur Vervollständigung der von Sachs angegebenen Zahlen genöthigt, wiederum aus dem Eintreten oder Unterbleiben der Keimung bei niederen Temperaturen Schlüsse zu ziehen. Derartige Versuche wurden namentlich von A. de Candolle[3]), Uloth[4]) und Fr. Haberlandt[5]) angestellt.

Vergleicht man nun die von diesen Forschern gewonnenen Resultate bezüglich des Minimum bei denselben Pflanzenarten miteinander, so findet man, dass bei einigen derselben die Lage dieses Minimum am Thermometer um so niederer liegend constatirt wird, je vorsichtiger die betreffenden Beobachtungen angestellt werden. So giebt z. B. Sachs als untere Temperaturgrenze für *Triticum vulgare* + 5° C. an, wobei er allerdings bemerkt, sie liege nach

[1]) Lehrbuch 4. S. 803.

[2]) H. de Vries in Archives néerlandaises 1870. T. V. (nach Sachs). — W. Köppen: Wärme und Pflanzenwachsthum. Moskau 1870. S. 79 ff.

[3]) s. Sachs, Lehrbuch 4. S. 801 Anm. [4]) Flora 1871 No. 12. — 1875. S. 266.

[5]) Landwirthschaftl. Versuchsstationen, Bd. 17. S. 104. — Wissenschaftlich-praktische Untersuchungen auf dem Gebiet des Pflanzenbaues. I. S. 109—122.

neueren Beobachtungen eines seiner Schüler noch tiefer[1]); Haberlandt, der bei seiner ersten Untersuchung nur mit einer Temperatur von + 4,8° C. als niederster experimentirte, beobachtete, dass hierbei Keimung der Weizenkörner nach 6 Tagen eintrat; später fand er, dass bei Temperaturen zwischen 0 und + 1° C. der Weizen nicht mehr keimte, während dagegen Uloth[2]) Weizenkörner, die immer auf Eis lagen, also in einer sehr nahe bei ± 0° liegenden Temperatur, noch keimen sah.

Diese und andere ähnliche Differenzen in den Angaben verschiedener Beobachter legen den Gedanken nahe, dass in der Nähe der unteren Temperaturgrenze die Streckung mit so geringer Energie und Geschwindigkeit vor sich geht, dass sie erst nach längerer Zeit für das unbewaffnete Auge bemerkbar und mit gröberen Instrumenten messbar wird. Hieran knüpft sich die Erwägung, ob zur Feststellung einer so langsam verlaufenden Streckung das Hervorbrechen des Würzelchens aus einem keimenden Samen noch verwendbar ist. Sachs selbst hebt schon in seiner ersten Publikation die Mängel seiner Untersuchungsmethode gebührend hervor, die wesentlich in der Schwierigkeit, längere Zeit constante niedere Temperaturen zu erhalten, begründet sind; und in der That ist man, wenn man die Resultate späterer Forschungen mit den seinigen vergleicht, berechtigt, anzunehmen, dass er im ganzen mit zu kurzen Zeiträumen operirte. So zieht er in vielen Fällen bereits aus dem Unterbleiben der Keimung nach 8—19 Tagen den Schluss, dass die bei den betreffenden Versuchen in Anwendung gekommene Temperatur unterhalb des Minimum gelegen sei. Die längste Versuchsdauer beträgt bei ihm 34 Tage und bezieht sich auf Temperaturen, die wohl sicher unter dem Minimum liegen. Dagegen ergiebt sich aus den Versuchen von Haberlandt (vgl. besonders S. 119 und 120 a. a. O.) mit Sicherheit, dass die Keimung in der Nähe des Minimum mit ausserordentlicher Langsamkeit vor sich geht.

Dieser Einwurf, die Versuche nicht hinreichend lange fortgesetzt zu haben, lässt sich Uloth und Haberlandt gegenüber nicht erheben; wohl aber ist hier (und ebenso in Bezug auf die Versuche von Sachs) die weitere Frage am Platze, ob die Keimungsresultate ohne weiteres auf die Streckung überhaupt übertragen werden dürfen. Denn wenn auch der Prozess der Quellung der Samen bei Vorhandensein von tropfbar flüssigem Wasser in jeder Temperatur von statten geht, so ist doch nicht von vorn herein sicher, ob der Anstoss zu jener Reihe che-

[1]) Experimentalphysiologie S. 54. — Dennoch ist im Lehrbuch 4 S. 802 wieder obige Zahl angegeben. [2]) Flora 1875. S. 266.

mischer Umsetzungen und Neubildungen, die dem Zellenwachsthum vorhergehen müssen, bei einer ebenso niederen Temperatur erfolgen kann, welche später die einmal begonnene Streckung noch zu unterhalten im Stande ist. Mit dem Ausdruck „Wachsthum" wird bekanntlich eine Summe von Stoffumsetzungen und Volumenveränderungen zusammengefasst, deren jede einzelne, theils nachweislich, theils sehr wahrscheinlich, an unter einander verschiedene untere Grenztemperaturen gebunden ist. Wenn eine zur Anwendung kommende Temperatur nur für einen einzigen das Wachsthum mit bedingenden Factor unterhalb des Minimum liegt, wahrend alle anderen Factoren bei eben dieser Temperatur in Wirksamkeit treten könnten, so muss dennoch in diesem Falle der Eintritt der Gesammterscheinnng unterbleiben. Nun wissen wir durch Wiesner's Untersuchungen, dass ein für das Zustandekommen normalen Wachsthums grüner Gewächse unumgänglich nothwendiger Factor, nämlich die Entstehung des Chlorophylls, bei einer und derselben Pflanzenart an ein höher liegendes Temperatur-Minimum gebunden ist, als der Eintritt der Streckung der embryonalen Organe der Keimpflanze. So liegt z. B. nach seinen Beobachtungen [1]) das Minimum für das Ergrünen von Gersten- und Erbsenkeimlingen bei + 4 — 5° C., während die Keimung bei diesen Pflanzen nach Uloth [2]) schon bei ca. ± 0°, allerdings sehr langsam, vor sich geht. Für die Erbse bestätigt Haberlandt die Angabe von Uloth, jedoch mit der Beschränkung, dass in 4 Monaten bei 0 — 1° C. nur 6% der ausgelegten Erbsen keimten, und auch diese schliesslich zu Grunde gingen; die Keimung der Gerste sah er bei 0 — 1° C. auch in 4 Monaten noch nicht eintreten [3]). Ich selbst machte bei Gelegenheit der später angeführten Untersuchungen die Beobachtung, dass die zum Ergrünen nothwendigen Temperatur-Minima für Erbse, Hanf und weissen Senf höher liegen, als die das Längenwachsthum bei diesen Pflanzen begrenzenden Minima.

Allein auch wenn man bei dem einfacheren Fall des Wachsthums auf Kosten bereits vorhandener Assimilationsprodukte stehen bleibt, wie er sich bei der Keimung darbietet, so scheint auch hier die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass verschiedene, bei normaler Keimung Hand in Hand mit einander verlaufende Vorgänge durch verschiedene Temperatur-Minima bedingt sind. Es ist im Gegentheil wahrscheinlich, dass beim Erwachen der Organe des Embryos aus dem Ruhezustande sich Vorgänge abspielen, die nach einmal begonnenem Wachsthum nicht mehr eintreten; man wird in dieser Beziehung

[1]) J. Wiesner, Entstehung des Chlorophylls in der Pflanze. 1877. S. 95.
[2]) Flora 1875. [3]) Wissensch.-prakt. Unters. I. S. 113.

namentlich an das Auftreten von Fermenten, die in keimenden Samen beobachtet worden sind, zu denken haben. Würde nun irgend eine dieser specifischen Keimungs-Umbildungen sich bezüglich des Bedürfnisses an Wärmezufuhr anders verhalten, als die das weitere Wachsthum bedingenden Factoren, so könnten aus diesem Grunde die an keimenden Samen gewonnenen Resultate nicht verallgemeinert werden. Ja, man kann sich sogar vorstellen, dass auch die gequollene und durchfeuchtete Samenschale oder Fruchthülle für die bei sehr niederen Temperaturen ausserordentlich langsam sich streckende Keimwurzel ein so grosses, lediglich mechanisches Hinderniss ist, dass dieselbe nicht herausbrechen kann, und doch vielleicht innerhalb dieser Hüllen ein nicht wahrnehmbares Wachsthum beginnt [1]).

II. Untersuchungsmethode.

Diese Erwägungen veranlassten mich, einige Versuche zur Feststellung der unteren Temperaturgrenze für die Streckung nach einer andern, als der bisher angewendeten Methode anzustellen.

Als Versuchspflanzen dienten Keimlinge verschiedener Art in verschiedenen Stadien ihrer ersten Ausbildung; sie waren beim Beginn der Versuche je nach der Pflanzenart in der Regel 3 — 6 Tage alt, und waren in einer Temperatur von 18—20° C. zur Entwickelung gebracht worden. Von ihren Organen wurde die Verlängerung der Wurzel, des hypokotylen Stengelgliedes, und bei Gräsern des ersten Scheidenblattes beobachtet.

Es ist von allen Beobachtern der Wachsthumsvorgänge bei niederen Temperaturen darauf hingewiesen worden, von wie grosser Wichtigkeit eine constante Temperatur des Raumes sei, in welchem die wachsenden Pflanzen während der Dauer der Versuche aufbewahrt werden. Denn da bei einer bestimmten niederen Temperatur ein Wachsthum nicht mehr eintritt, ohne dass zunächst die weitere Wachsthumsfähigkeit der Organe beeinträchtigt wird, so findet bei späterer Erhöhung der Temperatur wieder Streckung statt, und man kann deshalb bei schwankenden Temperaturen, während deren noch Wachsthum beobachtet wurde, leicht in den Fall kommen, aus den verschiedenen beobachteten Temperaturen ein Mittel zu berechnen,

---

[1]) Durch spätere Versuche überzeugte ich mich, dass die Samen verschiedener Pflanzen sich bezüglich des Widerstandes, welchen die Samenschale dem auskeimenden Würzelchen entgegensetzt, verschieden verhalten. So liess sich z. B. bei weissen Schminkbohnen nachweisen, dass unter sonst ganz gleichen Verhältnissen die Streckung des Würzelchens von solchen keimenden Samen, deren Samenschale nach der Quellung entfernt worden war, mit grösserer Energie erfolgte, als bei unversehrten Samen; bei Erbsen dagegen war ein solcher Unterschied nicht zu bemerken.

das in Wirklichkeit bereits unter dem Minimum liegt. Es stand mir nun zur Anstellung der Beobachtungen ein Raum zur Verfügung, welcher innerhalb längerer Zeit, namentlich während der lange anhaltenden Kälte des vergangenen Winters sehr constante Temperaturen behielt: ein geräumiges, nie geheiztes Zimmer mit sehr dicken Mauern im hiesigen Akademiegebäude, dessen beide an der Südwand befindlichen Fenster nach einem kleinen, von so hohen Gebäuden umschlossenen Hofe führen, dass sie im Winter nie von der Sonne getroffen werden. Bei den Beobachtungen, die ich bei Temperaturen oberhalb + 1° C. anstellte, wurden die Versuchspflanzen (Keimlinge) in diesem Zimmer frei oder in Recipienten aufgestellt; es liess sich durch passende Auswahl der Versuchszeit und durch eventuelles Ausmerzen verunglückter Versuche die Benützung einer Temperatur erreichen, die innerhalb mehrerer Tage nur um 0,5° C. schwankte. In diesem Zimmer wurden die Versuchspflanzen 3 — 4 Stunden lang belassen, ehe sie für den Versuch vorbereitet und demselben unterworfen wurden, sodass sie immer die Temperatur der umgebenden Luft vollständig angenommen hatten. Auch zum Zweck der Messungen wurden die Pflanzen aus diesem Zimmer nicht entfernt. Für Temperaturen zwischen 0 und + 1° C. wurde ein Eiskasten benützt, der in dem oben beschriebenen Zimmer aufgestellt wurde. Es war seiner ursprünglichen Bestimmung nach ein Thermostat mit doppelter Wandung und durch einen aufzulegenden Glasdeckel verschliessbar. Der Raum zwischen den doppelten Wänden wurde mit Wasser gefüllt, in das Innere des Kastens Glasschalen mit den Versuchspflanzen und Thermometern gebracht, diese durch Glasdeckel verschlossen, und der Raum um sie herum mit Eisstücken ausgefüllt, über die etwas Wasser gegossen wurde, und die so langsam aufthauten, dass nur alle 5 — 6 Tage ein Nachlegen nothwendig wurde. Die geräumigen Glasschalen wurden mit den Versuchspflanzen derart beschickt, dass entweder der Boden der Gefässe mit nassem Fliesspapier bedeckt wurde, auf welches man ohne weiteres die numerirten Keimlinge brachte, oder es wurden kleine mit Wasser gefüllte Reagirgläschen, der Grösse des Keimlings angemessen, aufgestellt, und die Keimlinge mit Hilfe von Baumwollenstopfen so in ihnen angebracht, dass das Würzelchen sich im Wasser befand, der Same und die Plumula von Luft umgeben waren. In dem Eiskasten betrug die Temperatur lange Zeit hindurch 0 — 0,5° C. und konnte auch dann nicht unter 0° sinken, wenn, was zwei Male vorkam, die Zimmertemperatur sich unter 0° abkühlte, weil das im Kasten befindliche Wasser nie völlig gefror.

Vor Beginn der Versuche wurde der Eiskasten mit den Glasschalen, ebenso das zur Verwendung kommende destillirte Wasser 24 Stunden lang in dem kalten Zimmer sich selbst überlassen.

Für die Messung bediente ich mich eines anderen Verfahrens, als Sachs, Köppen, H. de Vries u. a. es gewählt hatten. Ich hatte mich nämlich durch Vorversuche davon überzeugt, dass in der Nähe des Temperatur-Minimum das Wachsthum unmerklich langsam vor sich geht, sodass dasselbe sich durch Anlegen grober Maassstäbe durchaus nicht mit der nothwendigen Genauigkeit messen lässt; auch ein sehr fein gearbeiteter, mit Nonius versehener Calibermassstab reichte nicht hin, um die in etwa 24 Stunden zu Stande kommenden sehr geringen Verlängerungen festzustellen. Ich nahm daher meine Zuflucht zu mikroskopischen Messungen. Die zu messenden Organe wurden zu diesem Zwecke mit feinen Marken von Asphaltlack in so geringen Entfernungen (meist etwa $1\frac{1}{2}$ mm.) versehen, dass im Gesichtsfelde des Mikroskopes bei schwachen Vergrösserungen mindestens 2 benachbarte Marken zugleich gesehen werden konnten. Die Marken nahmen bei den Keimwurzeln von der Spitze an gerechnet eine so lange Strecke nach aufwärts ein, dass ich sicher sein konnte, die ganze der Streckung fähige Gewebspartie in Zonen zerlegt zu haben; die spätere Beobachtung der Zuwachse innerhalb der einzelnen Zonen bestätigte dies, da die oberen Zonen keine Streckung mehr zeigten. Um die (übrigens bei dem geringen Zuwachs, um den es sich in der Regel handelt, zu vernachlässigenden) Ungenauigkeiten auszuschliessen, die sich hätten ergeben können, wenn die wachsenden Organe sich in verschiedenen Stadien der grossen Periode befunden hätten, wurden zu jeder Versuchsreihe immer gleich alte und möglichst gleichmässig entwickelte Exemplare benützt, deren Wachsthum sich immer im Anfange des aufsteigenden Astes der Streckungscurve befand. Bei der Messung von hypokotylen Stengelgliedern oder von Blättern der Plumula wurde die ganze ausserhalb des Samens befindliche Partie durch Marken eingetheilt. Das Messen unter dem Mikroskop, welches mit Hülfe eines verstellbaren Ocular-Mikrometers bei einer 20fachen Vergrösserung vorgenommen wurde, bietet einige Unzuträglichkeiten, deren Vernachlässigung leicht bedeutende Beobachtungsfehler herbeiführen kann. Wenn auch die Messung selbst jedesmal nur wenige Minuten in Anspruch nimmt, namentlich wenn das Notiren der abgelesenen Zahlen von einem Gehilfen ausgeführt wird, so muss man doch beim Operiren mit Wurzeln dafür sorgen, dass auf dem Objectträger sich ein Wassertropfen befindet, damit nicht während der Beobachtung eine Verkürzung in Folge von Verdunstung

eintritt. Von der grössten Wichtigkeit ist aber, dass man bei der Messung auf eine vollkommen horizontale Lage der zu messenden Strecke achtet, sonst werden Beobachtungsfehler veranlasst, die bei der meist sehr geringfügigen Grösse der Zuwachse schwer ins Gewicht fallen. Zwar wurde beim Beginn der Versuche immer dafür Sorge getragen, nur möglichst grade gewachsene Wurzeln etc. zu verwenden, allein später traten doch, namentlich an den horizontal auf Fliesspapier gelegten, geotropische Krümmungen auf, welche das Messen erschwerten. Indessen gelang es fast immer, durch Unterlegen kleiner Korkstückchen jede Zone horizontal zu legen. Davon dass dies gelungen ist, überzeugt man sich sehr leicht durch das mikroskopische Bild selbst: es sind bei derselben Einstellung die Contoure der die Zone einschliessenden Marken völlig scharf sichtbar. Bei einiger Uebung erlangt man in dieser Art des Messens bald eine solche Geschicklichkeit dass die Beobachtungsfehler ausserordentlich klein werden; ich überzeugte mich durch massenhafte Messungen, dass diese Fehler nicht höher als auf einen halben Theilstrich des Mikrometers (= 0,028 mm) zu veranschlagen sind. Wollte es trotz aller Mühe nicht gelingen, die Zone in eine horizontale Lage zu bringen, so wurde das Würzelchen vom Samen abgeschnitten, in einigen wenigen Fällen dann noch durch scharfe Schnitte in einzelne Partien getheilt, die sich dann in eine für die Messung geeignete Lage bringen liessen. Die abgeschnittenen, aber nicht weiter zerlegten Wurzeln konnten noch eine Zeit lang zum Versuche verwendet werden, da ich gefunden hatte, dass sie, so lange die in ihnen enthaltene Baustoffe zureichen, eine gleiche Streckung zeigten, wie solche, die noch mit dem Samen in Verbindung standen[1]). Solche abgeschnittene Wurzeln sind bei den unten angeführten Versuchsreihen durch * bezeichnet.

---

[1]) Z. B. eine ca. 20 mm lange Keimwurzel von *Vicia Faba* wurde vom Samen abgeschnitten und ihr letztes 13,88 mm langes Stück in 7 Zonen getheilt. Dieselben zeigten in einer Temperatur von + 18—20° C. in 24 Stunden (von oben nach unten gerechnet) folgende Zuwachse:

Zone	anfangs	wuchs um
1. Zone, anfangs	1,70 mm lang,	wuchs um 0 mm
2. =	= 1,82 = =	= = 0 =
3. =	= 1,87 = =	= = 0,06 =
4. =	= 2,13 = =	= = 0,94 =
5. =	= 2,39 = =	= = 2,84 =
6. =	= 2,27 = =	= = 2,90 =
7. =	= 1,70 = =	= = 0,17 =
		Summa: 6,91 mm.

Zur Untersuchung dienten im warmen Zimmer gewachsene Keimlinge von: *Sinapis alba, Vicia Faba, Pisum sativum, Phaseolus vulgaris, Lupinus albus, Helianthus annuus, Cucurbita Pepo, Cannabis sativa, Triticum vulgare, Secale cereale, Zea Mays leucodon.* An allen diesen Species wurde das Wurzelwachsthum, an *Sinapis alba* auch die Streckung des hypokotylen Stengelgliedes und an *Triticum* und *Secale* die Streckung des ersten Scheidenblattes beobachtet.

III. Streckung von Keimwurzeln bei niederen Temperaturen.

Die in dieser Richtung angestellten Versuche ergaben sehr bald, in Bestätigung zahlreicher bereits vorliegender Untersuchungen, dass die Streckung der Keimwurzeln bei Temperaturen, die nicht weit über $\pm 0^0$ liegen, bei verschiedenen Pflanzenspecies in verschiedener Weise vor sich geht; doch findet bei allen untersuchten Keimlingen selbst bei Temperaturen zwischen 0 und $+ 1^0$ C. ein mehr oder weniger ausgiebiges Wachsthum zunächst noch statt.

In Bezug auf die Zeitdauer desselben treten aber Unterschiede hervor, welche gestatten, die untersuchten Pflanzen in zwei Kategorien zu ordnen, von denen die eine bei Temperaturen von $0 - 1^0$ C. andauernde, in gleichen Zeiträumen ungefähr gleich ausgiebige Streckung zeigt *(Sinapis, Secale, Triticum)*; während bei der anderen ein allmähliches Sinken der Zuwachse innerhalb gleicher Zeiträume zu beobachten ist, welches in manchen Fällen erst nach einigen Wochen, in andern schon nach einem bis wenigen Tagen mit völligem Wachsthums-Stillstande, resp. mit dem Turgorverlust der Wurzel endigt.

1. *Sinapis alba* keimte nach F. Haberlandt[1]) bei einer constanten Temperatur von $0 - 1^0$ C. und zeigte bei derselben andauerndes Wachsthum. Uloth[2]) beobachtete die Keimung von Senfkörner auf Eisplatten, und auch De Candolle[3]) giebt als die niederste für die Keimung des weissen Senfes erforderliche Temperatur $\pm 0^0$ an.

Ein mit den Keimwurzeln von 10 angekeimten Samen bei einer Temperatur von $+ 2{,}75 - 3^0$ C. angestellter Vorversuch hatte bei 22stündiger Dauer folgendes Resultat:

---

1) Wissensch.-prakt. Unters. I. S. 113.

2) Flora 1875.

3) Citirt aus Sachs, Lehrb. 4. S. 803.

(Versuch 1; 7. Jan.)

	Anfangslänge des gemessenen Stückes.	Zuwachs in 22 St.
No. 1.	5,46 mm	1,59 mm
2.	7,10 „	1,19 „
3.	5,40 „	1,19 „
4.	6,42 „	0,74 „
5.	4,55 „	0,34 „
6.	4,73 „	0,44 „
7.	5,40 „	1,87 „
8.	6,87 „	0,57 „
9.	3,07 „	0,63 „
10.	3,81 „	0,74 „
	Durchschnitt:	0,93 mm.

Da hierbei noch eine verhältnissmässig beträchtliche Streckung eingetreten war, so wurde ein Versuch bei niederer Temperatur gemacht. Es wurden 5 Keimlinge nach den oben beschriebenen Vorbereitungen in den Eiskasten gebracht, in welchem während der 15 Tage langen Dauer des Versuches eine constante Temperatur von + 0,25 — 0,75° C herrschte; nur am 2. Tage stieg sie einmal auf + 1°.

(Versuch 2; 16 Jan.)

	Anfangslänge des gemessenen Stückes.	Zuwachse in je: 24 St.	48 St.	72 St.	48 St.	7 X 24 St.
Temperatur:	+ 0,75°	+ 0,1°	+ 0,75°	+ 0,75°	+ 0,75°	+ 0,25° C.
No. 1.	11,48 mm	0,46 mm	1,36 mm	2,05 mm	1,53 mm	3,81 mm
2.	5,91 „	0,28 „	0,91 „	0,74 „	0,77 „	—
3.	7,59 „	0,23 „	0,97 „	1,99 „	2,41* „	—
4.	8,25 „	0,40 „	0,99 „	0,88 „	0,80* „	—
5.	8,07 „	0,23 „	0,97 „	1,67 mm		4,15 mm
Durchschnitt:		0,32 mm	1,04 mm	1,33 mm	1,15 mm	3,98 mm.

Nach dem 8. Tage mussten 2 Wurzeln zum Zwecke der Messung abgeschnitten und dann entfernt werden.

Im Durchschnitt ergiebt sich aus diesem Versuch, auf je 24 Stunden berechnet, folgende Reihe von Zuwachsen:

0,32. 0,52. 0,52. 0,44. 0,44. 0,44. 0,57. 0,57. 7 × 0,57.

Bei Abschluss des Versuches sahen die 3 noch übrigen Keimlinge bezüglich der Gestalt völlig normal aus, die Wurzeln waren mit einem weissen Filz von Wurzelhaaren überzogen, Chlorophyll hatte sich aber weder in den Kotyledonen, noch in dem hypokotylen Stengelgliede gebildet[1]).

[1]) Bemerkenswerth erscheint, dass bei einem Keimling (No. 4) die nach oben gekehrten Flächen der beiden Kotyledonen eine schön rothe Färbung

Abgesehen von einer Depression am ersten Tage und einer geringeren vom 4. — 6. Tage, zeigte sich also eine ziemlich gleichmässig verlaufende langsame Streckung, die nach 8 Tagen durchschnittlich 3,93 mm, nach 15 Tagen 8,11 mm betrug.

Weitere Versuche wurden mit den Wurzeln des weissen Senf nicht angestellt, da sich aus den bereits vorliegenden Beobachtungen über die Keimungsminima, mit Hinzunahme des obigen Ergebnisses der Schluss ziehen lässt, dass die Keimwurzeln von *Sinapis alba* bei Anwesenheit genügender Mengen von Baustoffen noch in Temperaturen bis gegen ± 0° hin eine Streckung zeigen.

2. *Secale cereale* verhält sich ebenso wie *Sinapis alba,* nur ist der Zuwachs im Ganzen etwas weniger ausgiebig.

Roggenkörner keimten nach der Beobachtung von F. Haberlandt bei 0 — 1°C. nur kümmerlich und ohne sich normal entwickeln zu können, nach Uloth im Eise sehr langsam.

Drei Keimlinge, von denen jeder 2 — 3 Würzelchen entwickelt hatte, wurden auf feuchtem Fliesspapier anfangs im kalten Zimmer, später im Eiskasten, ausgesetzt, nachdem je eine ihrer Wurzeln mit Marken versehen worden war. Die Temperatur betrug am ersten Tage + 1,5°, schwankte aber im weiteren Verlauf nur noch zwischen 0 und + 0,75° bis zum 14. Tage, worauf wieder eine Erhöhung eintrat.

(Versuch 3; 23. Jan.)

Anfangslänge des gemessenen Stückes.	Zuwachse in je: 24 St.	48 St.	24 St.	24 St.	24 St.	48 St.	48 St.	48 St.	48 St.	48 St.	96 St
Temp. + 1,5°.	+ 1,5°.	+ 0,75°.	+ 0,25°.	± 0°.	± 0°.	+ 0,5°.	+ 0,25°.	+ 0,5°.	+ 0,75°.	+ 1°.	+ 4°
No. 1. 4,58 mm	0,40	0,57	0,11	0,11		0,60	abgestorben.				
2. 7,50 „	1,34	0,05	0,54	0,20		0,63	0,48*				
3. 9,09 „	0,85	0,63	0,40	1,08	0,80	0,71	0,88	0,65	0,48	1,42	3,47.
Durchschnitt:	0,86	0,42	0,35	0,46	0,40	0,51	0,68	0,65	0,48	1,42	3,47.

Bei dem theilweisen Abschluss des Versuches nach 10 Tagen sahen 2 von den gemessenen Wurzeln ganz gesund aus, und hatten geotropische Krümmungen ausgeführt, welche das Messen so sehr erschwerten, dass die eine abgeschnitten werden musste; die dritte

zeigten. Es geht daraus hervor, dass zur Ausbildung dieses rothen, am Lichte sich bildenden Pigmentes eine niedrigere Temperatur ausreicht, als für die Ausbildung des Chlorophylls erforderlich ist. Ein ähnliches Verhältniss hat Batalin (Ueber die Einwirkung des Lichtes auf die Bildung des rothen Pigmentes. Acta Horti Petrop. VI. II. S. 279 ff. Citirt aus dem Bot. Centralblatt, 1. Jahrg. S. 966) bezüglich der Lichtintensität an keimenden Samen des Buchweizens nachgewiesen.

Wurzel (No. 1) hatte ihren Turgor verloren und schien abgestorben. Es stellen sich für diese zehn Tage, auf je 24 Stunden berechnet, folgende Zuwachse heraus:

0,86. 0,21. 0,21. 0,35. 0,46. 0,40. 0,25. 0,26. 0,34. 0,34.

Die verhältnissmässig bedeutende Streckung am ersten Tage ist jedenfalls durch die höhere Temperatur in dieser Zeit verursacht.

Der überlebende Keimling wurde noch weitere zehn Tage hindurch beobachtet, und wies in den ersten 4 Tagen bei einer Temperatur von + 0,5—0,75° die Zuwachse: 0,32. 0,32. 0,24. 0,24. auf. Dann trat eine Temperaturerhöhung auf + 1°, und am letzten Tage sogar auf + 4° ein, da das Nachlegen von Eis versäumt worden war. Demgemäss betragen die Zuwachse in dieser Zeit: 0,71. 0,71. 4 × 0,87; ein Beweis, dass die Wurzel noch völlig lebenskräftig war und zu ausgiebigerem Wachsthum nur einer geringen Temperaturerhöhung bedurfte.

3. *Triticum vulgare.* Die untere Temperaturgrenze für die Keimung liegt nach Sachs bei + 5° C., nach den Untersuchungen von Haberlandt zwischen + 1 und + 4,8° C.; dagegen fand Uloth, dass Weizenkörner im Eise in derselben Weise keimten, wie Roggenkörner.

Drei analoge Versuche sollten das Wachsthum der Keimwurzeln bei niederen Temperaturen feststellen. Bei dem ersten wurde nur ein Keimling verwendet, von dessen 3 etwa 2 cm. langen Würzelchen das eine gemessen wurde. Die Temperatur betrug während des ersten Versuchstages + 1,5° C., hielt sich später aber immer (mit Ausnahme des letzten Tages) zwischen ± 0 und + 1°, und betrug im Mittel + 0,5° C.

(Versuch 4; 23. Jan.)

Anfangslänge des gemessenen Stückes: 14,43 mm. Temperat. + 1,5° C.

Zuwachse in je:			
24 St.	0,28	"	+ 1,5°
48 "	0,77	"	+ 0,75°
24 "	0,28	"	+ 0,25°
24 "	0,14	"	+ 0°
72 "	0,63	"	+ 0,5°
48 "	0,23	"	+ 0,25°
48 "	0,51	"	+ 0,5°
48 "	0,54	"	+ 0,75°
48 "	0,60	"	+ 1°
96 "	1,36	"	+ 4°

Innerhalb 16 Tagen ergaben sich für je 24 St. folgende Zuwachse: 0,28. 0,38. 0,39. 0,28. 0,14. 0,21. 0,21. 0,21. 0,11. 0,12. 0,25. 0,26. 0,27. 0,27. 0,30. 0,30 mm. Die Schwankungen der täglichen Zuwachse gehen, wie man sieht, mit den Temperaturschwankungen parallel.

Nach weiteren 4 Tagen, an deren letztem eine Temperaturerhöhung auf + 4° C. eingetreten war, ergab sich ein Zuwachs von 1,36 mm, der sich aber sicher nicht gleichmässig auf diese 4 Tage vertheilt.

Ein zweiter Versuch wurde mit den Wurzeln von 5 schwächlichen Keimlingen ausgeführt, von denen jeder nur eine einzige Wurzel besass; die Temperatur betrug + 0,25—0,75° C.

(Versuch 5; 19. Jan.)

Anfangslänge des gemessenen Stückes.	Zuwachs in je 24 St.	24 St.	24 St.	48 St.	48 St.	72 St.	72 St.	48 St.
Temp. +0,75°	+0,25°	+0,25°	+0,75°	+0,75°	+0,5°	±0°	+0,25°	+0,25° C.
No. 1. 10,54 mm.	0	0,20	—0,03	0,03	0,11	—0,03	0,17	—0,08
2. 9,69 „	0,43	0,23	0,06	0,20	0,14	—0,03	0,20	—0,03
3. 7,22 „	0,40	0,20	0,11	0,17	0,17	—0,08	0	0
4. 11,11 „	0	0,40	0,17	0,26*	—	—	—	—
5. 7,87 „	0,14	0,20	—0,08	0,17	0,23	0	0,11	—0,06
Durchschnitt:	0,19	0,24	0,05	0,16	0,16	—0,035	0,12	—0,04

Hierbei ergaben sich durchschnittlich sehr geringe tägliche Zuwachse, ein Umstand, den man mit Recht der anfänglichen Schwächlichkeit der verwendeten Keimpflänzchen wird zuschreiben dürfen. Aus diesem Grunde wurde der Versuch mit kräftigeren, mit mehreren Würzelchen versehenen Keimlingen wiederholt, von deren Wurzeln je eine gemessen wurde. Die Temperatur schwankte während der ersten 6 Versuchstage zwischen + 0,25 und + 1° C., und betrug im Mittel + 0,85°; am letzten (7.) Tage stieg sie auf 4° C.

(Versuch 6; 5. Febr.)

Anfangslänge des gemessenen Stückes.	Zuwachse in je: 24 St.	24 St.	48 St.	72 St.	Summa der Zuwachse:
Temperat. + 0,25°	+ 0,75°	+ 1°	+ 0,75°	+ 4° C.	
No. 1. 10,23 mm	0,40	0,08	0,31	1,65	2,44
2. 6,36 „	0,28	0,06	0,28	0,48	1,10
3. 6,90 „	0,37	0,34	1,53	1,82	4,06
Durchschnitt:	0,35	0,16	0,71	1,32	2,53

Folgendes sind die täglichen Zuwachse: 0,35. 0,16. 0,35. 0,36. 0,44. 0,44. 0,44. Die vorletzten 2 Zahlen, die nicht direct beobachtet, sondern berechnet sind, dürften in Wirklichkeit etwas niederer, die letzte dagegen höher gewesen sein. Im allgemeinen stimmen diese Zuwachse mit den beim ersten Versuch erhaltenen überein, und zeigen, abgesehen von einer Depression gegen Anfang der Reihe, ziemlich constante Zahlen; hier, ebenso wie bei *Sinapis* und *Secale* lässt sich kein allmähliches Sinken der Zuwachse bemerken.

Anders verhält es sich nun mit allen andern, im weiteren Verlauf der Untersuchung beobachteten Pflanzen, insofern bei ihnen theils ein langsames, theils ein rasches Herabsinken der auf einander folgenden Zuwachse bemerkt wurde.

4. *Pisum sativum.* Köppen fand die untere Temperaturgrenze für die Keimung bei + 6,7° C., während nach Haberlandt die ersten, allerdings geringfügigen Keimungserscheinungen bei einer 4 Monate lang constanten Temperatur von 0—1° C. sich zeigten, und nach Uloth sogar langsame Keimung im Eise eintrat.

Es ergab sich zunächst bei einem mit 9 Hauptwurzeln in einer constanten Temperatur von + 4° C. angestellten Versuch, dass innerhalb 24 Stunden noch ein nicht unbeträchtlicher durchschnittlicher Zuwachs stattfand:

(Versuch 7; 9. Jan.)

	Anfangslänge des gemessenen Stückes.	Zuwachse in 24 St.	Temperatur + 4° C.
No. 1.	4,60 mm	2,27	
2.	3,30	0,34	
3.	4,77	1,05	
4.	5,40	1,36	
5.	3,64	0,40	
6.	5,62	0,57	
7.	4,98	0,68	
8.	2,50	0,77	
9.	4,49	0,91	
	Durchschnitt:	0,93	

Es wurde demnach ein neuer länger andauernder Versuch bei niederer Temperatur eingeleitet. Bei einer nur zwischen + 0,5 und 1° C. schwankenden Temperatur wurden 4 Keimwurzeln, von denen eine (No. 4) vom Samen getrennt war, 10 Tage lang beobachtet:

(Versuch 8; 14. Jan.)

	Anfangslänge des gemessenen Stückes.	Zuwachse in je 24 St.	24 St.	72 St.	120 St.	168 St.	Summe der Zuwachse in 14 T.
Temperat.	+ 1°	+ 0,9°	+ 0,9°	+ 0,5°	+ 0,6°	+ 0,5° C.	
No. 1.	10,29 mm	0,74	0	0,54	0,26	0,26	1,79
2.	11,19	0,28	0,20	0,57	0,34	0,71	2,10
3.	15,40	0,28	0,25	0,34	0,77*	—	—
4.	13,44*	0,57	0,14	0,14	0,06	0,08	0,99
	Durchschnitt:	0,47	0,15	0,40	0,36	0,35	1,73

Die täglichen Zuwachse stellen sich folgendermassen: 0,47. 0,15. 0,13. 0,13. 0,13. 5 × 0,7. Da die eine Wurzel (No. 3) nach diesen 10 Tagen bei der Messung zerschnitten werden musste, so wurden

nur die übrigen nach Verlauf von 7 Tagen wieder gemessen, währenddem die gleiche Temperatur herrschte. Sie zeigten nur einen durchschnittlichen Zuwachs von 7 × 0,05 mm. — Bei Beendigung des Versuches sahen sämmtliche Wurzeln normal aus und hatten geotropische Krümmungen ausgeführt. Obwohl ein factischer Stillstand nicht beobachtet worden ist, so schliesse ich doch aus den constant fallenden Zuwachsgrössen, dass ein solcher bei längerer Andauer des Versuches erfolgt wäre. Diese Annahme steht allerdings im Widerspruch mit der Beobachtung Uloths, indessen wird man vielleicht für verschiedene Erbsenrassen ein ungleiches Verhalten annehmen dürfen.

5. *Cannabis sativa* keimte langsam und kümmerlich, wie die Erbse, bei 0—1° C. nach Haberlandt, im Eise nach Uloth.

Zunächst wurde ein Versuch mit 10 Keimwurzeln bei einer zwischen + 4,25 und 4,5° C. schwankenden Temperatur angestellt:

(Versuch 9; 9. Jan.)

	Anfangslänge des gemessenen Stückes.	Zuwachse in 24 St.	Temperatur. + 4,25—4,5° C.
No. 1.	4,82 mm	1,15	
2.	4,94	0,97	
3.	5,40	2,02	
4.	3,12	1,75	
5.	12,16	1,99	
6.	4,66	1,25	
7.	7,56	0,91	
8.	7,38	1,37	
9.	5,34	1,19	
10.	5,80	1,53	
	Durchschnitt:	1,41	

Ein weiterer Versuch bei niedrigerer Temperatur ergab ein ähnliches Zuwachsverhältniss, wie bei den Erbsenwurzeln. Verwendet wurden 5 Hauptwurzeln, von denen die eine (No. 5) vom Samen abgeschnitten war; die Temperatur betrug während der ersten 10 Versuchstage fast constant + 0,75° C., nur am dritten Tage stieg sie auf + 1°.

(Versuch 10; 14. Jan.)

	Anfangslänge des gemess. Stückes.	Zuwachse in je 24 St.	24 St.	24 St.	48 St.	72 St.	48 St.	168 St.	Summe der Zuwachse in 17 T.
Temp.	+ 0,75°	+ 0,75°	+ 0,75°	+ 1°	+ 0,75°	+ 0,75°	+ 0,75°	+ 0,25° C.	
No. 1.	10,74 mm	0,40	0,28	—0,20	0,06	0,37	0,31	0,23	1,45
2.	14,91	0,34	0,23	abgestorben.					
3.	11,42	0,45	—0,20	0,77		0,41		abgestorben.	
4.	6,42	0,68	—0,03	1,28		1,39		0,65	3,97
5.	9,01*	1,31	0,17	0,61		0,28		0,17	2,54
Durchschnitt:		0,63	0,09	0,17	0,46	0,40	0,29	0,35	2,39

Folgendes sind die Zuwachse für je 24 Stunden: 0,63. 0,09. 0,17. 0,23. 0,23. 0,13. 0,13. 0,13. 0,14. 0,14.

Während dieser Zeit starben 2 Wurzeln ab, die 3 übrigen zeigten nach Verlauf von 7 Tagen, während welcher die Temperatur zwischen + 0,25 und 0,75° C. schwankte, einen durchschnittlichen Zuwachs von 0,05 mm pro Tag. Sie waren bei Beendigung des Versuches von normalem Aussehen.

6. *Vicia Faba.* Die Keimung erfolgt nach Haberlandt noch bei einer Temperatur von + 4,8° C. innerhalb 7 Tagen.

Ein Versuch mit 3 Keimwurzeln zeigte, dass bei einer Temperatur von + 3,25—3,75° C. in 48 Stunden noch ein Zuwachs von 2,43 mm im Durchschnitt erfolgte.

(Versuch 11; 11. Jan.)

	Anfangslänge des gemessenen Stückes.	Zuwachse in je: 24 St.	24 St.	Summe der Zuwachse.
Temp.	+ 3,75°	+ 3,25°	+ 3,5° C.	
No. 1.	12,87* mm	1,42	0,88	2,30
2.	10,11	0,63	0,74	1,37
3.	11,59	3,61		3,61
			Durchschnitt:	2,43

Ein zweiter Versuch wurde mit 4 Hauptwurzeln angestellt, welche zur Erleichterung des grade bei diesen dicken Wurzeln schwierigen Messens von den Samen abgeschnitten worden waren. Die Temperatur schwankte während 10 Tagen zwischen + 0,5 und + 1° C.

(Versuch 12; 14. Jan.)

	Anfangslänge des gemessenen Stückes.	Zuwachse in je 24 St.	24 St.	48 St.	24 St.	120 St.	Summe der Zuwachse in 10 Tagen.
Temp.	+ 1°	+ 0,9°	+ 0,9°	+ 1°	+ 0,5°	+ 0,6°	
(No. 1.	16,82* mm	0,46	0,28	— 0,03	— 0,03	—)	
2.	11,42*	0,77	0,03	0,03	0,23	0,37	1,43
3.	11,96*	0,82	0,14	0,37		0,03	1,36
4.	12,33*	1,31		0,34		0,26	1,91
	Durchschnitt:	1,02		0,32		0,22	1,56

Da die eine Wurzel (No. 1.) sich als ungeeignet erwies, weil sie bei fortdauerndem Wachsthum der jüngeren Zonen eine starke Verkürzung der älteren zeigte, die den Zuwachs übertraf, so wurde sie bei der Durchschnittsberechnung ausser Acht gelassen. Die Zuwachse für je 24 Stunden stellen sich folgendermassen heraus: 0,51. 0,51. 0,11. 0,11. 0,11. 0,055 0,055. 0,055. 0,055.

Um dem Einwand zu begegnen, dass in diesem Falle das Wachs-

thum nur wegen des Fehlens der in den Kotyledonen abgelagerten Reservestoffe dem Erlöschen nahe gewesen sei, wurde der Versuch mit der Abänderung wiederholt, dass solche Wurzeln verwendet wurden, die noch mit dem Samen im Zusammenhang standen. Die Temperatur schwankte von ± 0—0,6° C.

(Versuch 13; 19. Jan.)

	Anfangslänge des gemess. Stückes:	Zuwachse in je: 24 St.	24 St.	24 St.	48 St.	48 St.	72 St.	48 St.	Summe der Zuwachse:
Temp.	+0,5°	±0°	±0°	+0,25°	+0,6°	+0,5°	±0°	+0,5°	
No. 1.	13,75 mm	0,54	0,43	—0,54	0,14	—0,06			0,51 (in 7 T.)
2.	9,97	1,45	—0,03	—0,03	0,11	0,23	0,06	0	1,79 (= 12 =)
3.	9,21	1,02	0,31	0,14	0,11				1,58 (= 5 =)
4.	14,77	2,07	0,51	0,17	0,28	0,06	abgestorben		3,09 (= 7 =)
Durchschnitt:		1,27	0,30	—0,04	0,16	0,08	0,06	0	

Der Durchschnitt aus den Zuwachsen ergiebt folgende Zahlen für je 24 Stunden: 1,27. 0,30. —0,04. 0,08 0,08. 0,04. 0,04. 0,02. 0,02. 0,02. 0. 0. Es zeigte sich also nur nach dem ersten Tage ein ausgiebigerer Zuwachs, als bei dem vorhergehenden Versuche, sodann aber, nach einer eigenthümlichen Depression am 3. Tage, ein immerwährendes Sinken bis zu dem am 11. Tage eintretenden Stillstand.

Die 4 zu diesem Versuche verwendeten Keimlinge wichen in ihrem Verhalten bedeutend unter einander ab. Die niedere Temperatur der ersten Versuchstage bewirkte bei zweien derselben (No. 1 und 2) schon nach 2 resp. 3 Tagen eine Verkürzung, d. j. ein Nachlassen des Turgors; als sich indessen die Temperatur nachher um ein geringes hob, so zeigten diese beiden Wurzeln wieder einen kleinen Zuwachs, der bei der einen (No. 2), die auch vorher eine weit geringere Verkürzung gezeigt hatte, längere Zeit fortdauerte, bei der andern dagegen schon nach 2 Tagen wiederum einem Rückgange Platz machte. Diese Wurzel (No. 1) wurde in ein warmes Zimmer (von ca. + 18—20° C.) gebracht, zeigte nach 24 Stunden daselbst einen Zuwachs von 0,42 mm, und wuchs dann in 2 Tagen um ca. 42 mm. Auch No. 2, welche noch bis zum 11 Tage Zuwachse gezeigt hatte, wurde am 12. in eine Temperatur von ca. + 18 ° C. gebracht; die Hauptwurzel wuchs indessen nicht weiter, nach 5 Tagen war sie völlig abgestorben und missfarbig, aus ihr hatten sich zahlreiche Nebenwurzeln entwickelt, und die Plumula war in kräftiger Entfaltung begriffen.

Von den beiden letzten Keimwurzeln (No. 3 und 4), welche in den ersten Tagen des Versuches keine Verkürzung erfahren hatten, wurde die eine (No. 4) mit No. 1 zusammen nach 7 Tagen in das

warme Zimmer gebracht und erwies sich daselbst als abgestorben, obwohl eine Verkürzung auch in den letzten Versuchstagen an ihr nicht bemerkt werden konnte.

Derartige Unterschiede bestätigen die alte Erfahrung, dass bei den Wachsthumserscheinungen in der Nähe der unteren Temperaturgrenze individuelle Verschiedenheiten eine grosse Rolle spielen.

Von besonderem Interesse sind die Ergebnisse der Versuche mit solchen Pflanzen, deren untere Temperaturgrenze für die Keimung bestimmt um ein beträchtliches oberhalb ± 0° liegt, nämlich mit Keimlingen von Sonnenrose, Pferdezahnmais und Kürbis.

7. *Helianthus annuus.* Das Minimum für die Keimung liegt nach Haberlandt zwischen + 4,8 und + 10,5° C.

Bei dem ersten Versuch, welcher mit 4 Keimlingen angestellt wurde, herrschte während des ersten Tages eine Temperatur von + 1,5°, später schwankte dieselbe zwischen ± 0 und + 1° während 18 Tagen und stieg am letzten Tage auf + 4° C.

(Versuch 14; 23. Jan.)

	Anfangslänge des gemess. Stückes.	Zuwachse in je 24 St.	48 St.	24 St.	24 St.	24 St.	24 St.	72 St.	48 St.	48 St.	48 St.	96 St.	Summe der Zuwachs in 20 T.
Temp.	+ 1,5°	+ 1,5°	+ 0,75°	+ 0,25°	± 0°	± 0°	+ 0,75°	+ 0,25°	+ 0,5°	+ 0,75°	+ 1°	+ 4° C.	
No. 1.	8,56 mm	0,77	0,74	0,14	0,26	0,20	0,08	0,60	0,28	0,28	0,71	0,91	4,97
2.	9,32	0,65	0,60	0,34	0,37	0,11	0,06	0,43	0,23	0	0,51	0,26	3,56
3.	9,43	0,68	0,28	0,17	0,14	0,11	0,14	0,26	0,40	0	0,85	0,34*	3,37
4.	9,18	0,46	0,14	0,20	0,51	0,34							
Durchschnitt:		0,64	0,44	0,26	0,32	0,19	0,09	0,43	0,30	0,09	0,69	0,50	3,97

Hiernach sind die durchschnittlichen Tageszuwachse folgende: 0,64. 0,22. 0,22. 0,26. 0,32. 0,19. 0,09. 0,14. 0,14. 0,14. 0,15. 0,15. 0,045. 0,045. 0,34. 0,34. 4 × 0,125.

Da einige Male an zwei auf einander folgenden Tagen Temperaturschwankungen von 0,5 — 0,75° stattgefunden hatten, die gewiss auf den Verlauf der Streckung Einfluss übten, so wurde der Versuch bei einer Temperatur, die im Ganzen in 14 Tagen nur zwischen + 0,25 und 0,75° C. schwankte, mit 5 Keimlingen wiederholt. Nur am letzten Tage stieg die Temperatur auf 4° C.

(Versuch 15; 28. Jan.)

	Anfangslänge des gemess. Stückes.	Zuwachse in je 24 St.	24 St.	48 St.	48 St.	48 St.	96 St.	72 St.	Summe der Zuwachse.
Temp.	+ 0,25°	± 0°	+ 0,5°	+ 0,25°	+ 0,25°	+ 0,25°	+ 0,75°	+ 4° C.	
No. 1.	7,41 mm	0,34	0,26*						0,60 (in 2 T.)
2.	9,43	0,62	0,28	0,26	0,14	0			1,30 (" 8 ")
3.	11,36	0,82	0,34	0,06	0				1,22 (" 6 ")
4.	6,76	0,91	0,31	—0,08	abgestorben				1,14 (" 4 ")
5.	8,86	0,85	0,48	0,20	0,51	0,20	0,06	0,08	2,38 (" 15 ")
Durchschnitt:		0,71	0,33	0,08	0,22	0,10	0,06	0,08	

Das Resultat ist folgende Zuwachsreihe pro Tag: 0,71. 0,33. 0,04. 0,04. 0,11. 0,11. 0,05. 0,05. 4 × 0,015.

Das Verhalten der einzelnen Keimwurzeln ist lehrreicher, als die Durchschnittszahlen, da die einzelnen Exemplare sich bezüglich der Zeitdauer der Streckung verschieden verhielten. Mit No. 1 musste der Versuch vorzeitig abgebrochen werden, bei No. 4 war am 4., bei No. 3 am 6., bei No. 2 am 8. Tage Stillstand resp. Verkürzung eingetreten; die Wurzeln waren leicht gebräunt und turgorlos, ins warme Zimmer gebracht erwiesen sie sich als abgestorben. Bei diesen 3 Nummern ist ein stetiges Sinken der Zuwachse bis zum Stillstand zu bemerken. Anders verhielt sich No. 5, welche noch am 15. Tage lebensfähig war; zwar findet auch bei ihr zunächst ein Sinken der Zuwachse bis zum 4. Tage statt, hierauf aber kommt eine Beschleunigung der Streckung, und von dieser aus ein allmähliches stetiges Fallen. Ein ähnlicher Gang im Verlaufe der Strekkung konnte auch bei andern Pflanzen nicht selten beobachtet werden.

Für sämmtliche Keimlinge beider Versuchsreihen bleibt es auffällig, dass bei einer weit unterhalb des Keimungs-Minimum liegenden Temperatur noch eine mehr oder weniger lange andauernde Streckung überhaupt stattfindet.

Ein analoges Resultat ergab:

8. *Zea Mays leucodon.* Die untere Temperaturgrenze für die Keimung wurde von Sachs als bei + 9,4° C. liegend bestimmt; nach De Candolle liegt sie bei + 9°, nach Haberlandt zwischen + 4,8 und + 10,5°C.

Eine Reihe von Versuchen wurde durch einen solchen eingeleitet, bei dem 9 Keimlinge verwendet wurden; die Temperatur betrug + 4° C.

(Versuch 16; 9. Jan.)

	Anfangslänge des gemessenen Stückes:	Zuwachse in je: 24 St.	24 St.	Temperatur + 4° C.
No. 1.	5,17* mm	0,06	— 0,34	
2.	4,26*	— 0,11	— 0,23	
3.	10,73	0,11		
4.	4,66	0	0,17	
5.	5,74	0,06	— 0,23	abgestorben.
6.	3,35	0	0,11	dgl.
7.	3,35	0,06		
8.	10,97	0,17		
9.	7,10	— 0,28	— 0,23	abgestorben.
	Durchschnitt:	0,01	— 0,16	

Der Versuch ergab schon nach den ersten 24 Stunden bei zwei Nummern einen Stillstand, bei zwei anderen Verkürzung, während

die übrigen sehr geringe Zuwachse zeigten. Nach weiteren 24 Stunden wurden 6 von den 9 Nummern gemessen, und von diesen zeigten fünf eine Verkürzung, eine einen geringen Zuwachs. Als diese 6 Nummern darauf in ein warmes Zimmer gebracht wurden, erwiesen sich nach $43\frac{1}{2}$ Stunden 3 als abgestorben (No. 5, 6, 9), die 3 andern waren gewachsen, und zwar:

No. 1 um 0,68 mm.
2 = 2,87 =
4 = 1,96 =

Bei den beiden ersten Nummern hatte also das vorherige Nachlassen des Turgors die Lebensfähigkeit der Wurzel noch nicht aufgehoben.

Ein zweiter Versuch hatte den Zweck, festzustellen ob bei einer noch niedrigeren Temperatur, nämlich ± 0—0,5° C. der Stillstand in der Streckung früher einträte.

(Versuch 17; 26. Jan.)

	Anfangslänge des gemessenen Stückes.	Zuwachse in je: 18½ St.	4½ St.	25 St.	24 St.	48 St.	
Temp.	+ 0,5°	± 0°	± 0°	± 0°	± 0°	+ 0,5° C.	
No. 1.	12,90 mm	1,16	0,08	0,23	— 0,06	— 0,17	abgestorben.
2.	4,66	0,79	0	— 0,11	— 0,11	— 0,23	abgestorben.
3.	12,87	0,40	0,03	0,03	0,14	— 0,06	abgestorben.
	Durchschnitt:	0,78	0,04	0,05	— 0,01	— 0,15	

Es ergab sich, dass von den verwendeten drei Keimwurzeln die eine (No. 2) nach $18\frac{1}{2}$ St., die zweite (No. 1) nach 48, die dritte (No. 3) nach 72 Stunden aufgehört hatte, sich zu strecken. Am Ende des 5tägigen Versuches zeigten alle 3 Wurzeln eine deutliche Verkürzung, und waren, wie ein Versuch bei einer Temperatur von + 18° C. ergab, abgestorben.

Ferner schien es von Interesse, zu untersuchen, wie sich das Wachsthum bei einer beträchtlich höheren, aber noch unterhalb des Keimungs-Minimum liegenden Temperatur gestalten würde. Zu diesem Zweck wurden 4 Keimlinge bei einer zwischen + 7 und 10° C. schwankenden Temperatur 14 Tage lang auf nassem Fliesspapier ausgelegt.

(Versuch 18; 20 Febr.)

	Anfangslänge des gem. Stückes:	Zuwächse in je: 48 St.	48 St.	48 St.	72 St.	24 St.	24 St.	24 St.	48 St.
Temp.	+ 8,5°	+ 9°	+ 8,75°	+ 8,5°	+ 7,75°	+ 7,75°	+ 7,75°	+ 8,5°	+ 9,5° C.
(No. 1.	10,20 mm	1,28	0,31	0,26	0,80	—0,11	0,17	0,11	0,12)
2.	7,50	2,27	2,02	1,48	1,31	0,31	0,26	0,65	1,19
3.	10,28	2,81	3,72	2,50	1,31	0,85	0,23	0,54	0,34
4.	11,70	2,22	3,55	1,08	2,16	0	0	0,34	0,34
	Durchschnitt:	2,43	3,10	1,69	1,66	0,39	0,16	0,51	0,63

Bei der Durchschnitts-Berechnung blieb No. 1 unberücksichtigt, da sie zufällig so ungünstig zu liegen kam, dass die Wurzel mit dem feuchten Fliesspapier nicht in Berührung stand. Während der Dauer dieses Versuches wurde täglich einmal der Stand des Maximum- und Minimum-Thermometers im Zimmer, die sich in nächster Nähe der Versuchspflanzen befanden, aufgezeichnet:

	Maximum.	Minimum.	Mittel.
21./2.	+ 8,5°	8°	8,25° C.
22./2.	9	8,25	8,62
23./2.	9	8,75	8,87
24./2.	9	8	8,5
25./2.	9	7,5	8,25
26./2.	8,5	7	7,75
27./2.	8	7	7,5
28./2.	8,25	7	7,62
29./2.	8	7	7,5
1./3.	7,75	7	7,37
2./3.	7,75	7,25	7,5
3./3.	8,5	7,5	8
4./3.	8,75	7,5	8,12
5./3.	10	9,25	9,62

Es ergaben sich durchschnittlich die folgenden Tageszuwachse: 1,21. 1,21. 1,55. 1,55. 1,35. 1,35. 0,55. 0,55. 0,55. 0,39. 0,16. 0,51. 0,31. 0,31 mm. Es ist demnach auch bei dieser Temperatur noch im allgemeinen ein constantes Fallen der Zuwachsgrössen ersichtlich, welches bei hinreichend langer Dauer des Versuches gewiss zum völligen Stillstand geführt haben würde. Die in den letzten Tagen wieder bemerkbare Steigerung der Streckung geht parallel mit einer Temperaturerhöhung.

Ganz ähnliche Resultate ergab

9. *Cucurbita Pepo,* für welche die untere Temperaturgrenze für die Keimung noch höher liegt, als bei *Zea Mays,* nämlich nach Sachs bei + 13,7°, nach Haberlandt zwischen + 15,6 und 18,5° C.

Es wurde eine Anzahl von Versuchen angestellt, um zu beobachten, wie sich bei der Erhöhung der Temperaturen, die sich sämmtlich unterhalb jenes Minimum bewegten, die Grösse der Zuwachse verhalten würde.

Zunächst wurde dies bei einer Temperatur von ± 0—0,5° C. geprüft.

(Versuch 19; 26. Jan.)

Anfangslänge des gemessenen Stückes:		Zuwachse in je: 18⅔ St.	4½ St.	24 St.
Temp.	+ 0,5°	± 0°	± 0°	± 0° C.
No. 1.	10,51 mm	0,62	— 0,31	— 0,06
2.	12,58	0,79	0,06	0
	Durchschnitt:	0,71	— 0,12	— 0,03

Von den beiden verwendeten Keimwurzeln zeigte die eine schon nach 23 Stunden eine Verkürzung, die andere am zweiten Versuchstage keinen Zuwachs mehr.

Ein zweiter, mit 5 Keimlingen bei nur wenig höherer Temperatur, die zwischen + 0,25 und 0,75° C. schwankte, angestellter Versuch hatte ziemlich denselben Erfolg:

(Versuch 20; 19. Jan.)

	Anfangslänge des gemessenen Stückes:	Zuwachse in je: 24 St.	24 St.
Temp.	+ 0,75°	+ 0,25°	+ 0,25° C.
No. 1.	11,02 mm	0,79	0,11
2.	15,00	0,57	0,31
3.	9,43	0,77	— 0,23
4.	13,24	1,42	— 0,26
5.	11,93	0,46	0
	Durchschnitt:	0,80	— 0,01

Es fand durchschnittlich nur während der ersten 24 Stunden Streckung statt; nur bei 2 Nummern zeigte sich auch innerhalb des zweiten Tages noch ein Zuwachs.

Bei einer wiederum etwas höher liegenden Temperatur, nämlich von + 0,75—1° C, dauerte die Streckung auch innerhalb der zweiten 24 Stunden noch bei sämmtlichen 5 beobachteten Keimwurzeln an.

(Versuch 21; 14. Jan.)

<table>
<tr><th></th><th>Anfangslänge des gemessenen Stückes:</th><th colspan="3">Zuwachse in je:</th><th>Summe der Zuwachse</th></tr>
<tr><th></th><th></th><th>24 St.</th><th>24 St.</th><th>48 St.</th><th></th></tr>
<tr><td>Temp.</td><td>+ 0,75°</td><td>+ 0,75°</td><td>+ 0,75°</td><td>+ 1° C.</td><td>in 4 Tagen:</td></tr>
<tr><td>No. 1.</td><td>11,22 mm</td><td>0,23</td><td>0,03</td><td>— 0,11*</td><td>0,08</td></tr>
<tr><td>2.</td><td>11,85</td><td>0</td><td>0,09</td><td>— 0,34*</td><td>— 0,25</td></tr>
<tr><td>3.</td><td>8,27</td><td>0,08</td><td>0,11</td><td>— 0,03*</td><td>0,17</td></tr>
<tr><td>4.</td><td>11,22</td><td colspan="2">0,34</td><td>— 0,08*</td><td>0,25</td></tr>
<tr><td>5.</td><td>8,61</td><td colspan="2">0,23</td><td>— 0,03</td><td>0,20</td></tr>
<tr><td></td><td>Durchschnitt:</td><td>0,12 (?)</td><td>0,10 (?)</td><td>— 0,12</td><td>0,10</td></tr>
</table>

Nach 4 tägiger Exposition war bei allen Keimlingen eine Verkürzung eingetreten.

Bei einer Temperatur von + 3,25—3,5° C. ergab sich folgendes:

(Versuch 22; 13. Jan.)

	Anfangslänge des gemessenen Stückes:	Zuwachse in je: 24 St.	24 St.
Temp.	+ 3,25°	+ 3,25°	+ 3,5° C.
No. 1.	13,84 mm	1,65	0
2.	9,12	1,60	0,51
3.	9,80	0,11	0,17
4.	9,52	0,94	0,11
5.	13,07	0,85	0,25
6.	8,66	1,11	0,08
7.	10,97	1,19	0
8.	6,36	0,97	0,14
	Durchschnitt:	1,05	0,16

Von den verwendeten 8 Keimlingen zeigten 6 noch innerhalb des zweiten Tages einen Zuwachs, die beiden anderen Stillstand.

Eine weitere Beobachtung wurde bei einer Temperatur von + 3,25—4,5° C. gemacht.

(Versuch 23; 11 Jan.)

	Anfangslänge des gemessenen Stückes:	Zuwachse in je: 24 St.	24 St.	24 St.	24 St.
Temp.	+ 4,5°	+ 3,25°	+ 3,25°	+ 3,25°	+ 3,5° C.
No. 1.	8,18 mm	0,88	0,43	0,23	0,17
2.	9,37	0,99	0,99		

Bei den beiden Keimlingen hatte auch nach 2×24 Stunden die Streckung noch nicht aufgehört; bei No. 1 ist vier Tage lang ein constantes Sinken der Zuwachse, aber noch kein völliger Stillstand bemerkbar.

Endlich wurde noch ein Versuch bei einer zwischen + 7 und 9° C. schwankenden Temperatur ausgeführt. Die beim 18. Versuch (mit Mais) angegebenen Beobachtungen des Maximum und Minimum der Lufttemperatur (s. S. 355) haben auch für den vorliegenden Versuch Geltung.

(Versuch 24; 20. Febr.)

	Anfangslänge des gemessenen Stückes:	Zuwachse in je: 48 St.	48 St.	48 St.	72 St.	24 St.	24. St.	Summe der Zuwachse in 11 T.:
Temp.	+ 8,5°	+ 9°	+ 8,75°	+ 8,5°	+ 7,75°	+ 7,75°	+ 7,75° C.	
No. 1.	7,50 mm	1,71	0,85	0,26	—0,08	0,03	0	2,77
2.	6,02	1,50	0,99	0,28	0,14	—0,06	—0,03	2,82
3.	7,58	1,08	0,97	0,14	0,17	0	0	2,36
Durchschnitt:		1,43	0,94	0,23	0,08	—0,01	—0,01	

Wie sich erwarten liess, fand nun ein längeres Andauern der Streckung statt; dieselbe war durchschnittlich erst nach 9 Tagen erloschen. Es betrugen, auf je 24 Stunden berechnet, die aufeinanderfolgenden Zuwachse: 0,71. 0,71. 0.47. 0,47. 0,11. 0,11. 0,03. 0,03. 0,02. —0,01. —0,01.

Hier hörte also bei gleichen Temperaturverhältnissen die Streckung bedeutend eher auf als beim Mais, in Uebereinstimmung mit dem tiefer liegenden Keimungs-Minimum des letzteren.

IV. Streckung oberirdischer Organe bei niederen Temperaturen.

Die Beobachtung von Sachs[1]), dass der Keimungsact, in manchen Fällen sogar verschiedene Phasen desselben, und das weitere Wachsthum derselben Pflanzen an verschiedene Temperatur-Minima gebunden sind, liess es als wünschenswerth erscheinen, das Wachsthum oberirdischer Organe bei niederen Temperaturen mit demjenigen der Keimwurzel derselben Pflanze zu vergleichen. Es ist zwar aus der Darstellung von Sachs deutlich ersichtlich, dass er in jener Arbeit den Begriff des Wachsthums noch nicht so scharf präcisirt und in seine einzelnen Factoren zerlegt hat, wie in späteren Abhandlungen und in seinem Lehrbuch, und dass aus diesem Grunde seine Beobachtung nur für die Gesammtentfaltung der Organe einer Pflanze, nicht aber speciell für den Vorgang der Streckung von Bedeutung ist. Insbesondere seit Wiesner[2]) gezeigt hat, dass die Ausbildung des Chlorophylls gleichfalls an Temperatur-Minima gebunden ist, die in allen von ihm angeführten Fällen oberhalb der Minima für die Keimung derselben Pflanzen liegen, wird man berechtigt sein, anzunehmen, dass für eine bestimmte Pflanzenart in verschiedener Höhe liegende untere Temperaturgrenzen für einzelne das Gesammtwachsthum bestimmende Vorgänge vorhanden sind, z. B. für Wasseraufnahme, Ergrünung, Umsetzung von Stärke in Cellulose, Flächenwachsthum der Zellmembranen u. a.; nicht aber, dass etwa einer dieser Vorgänge, z. B. das Wachsthum der Zellmembranen, in verschiedenen Entwickelungsphasen derselben Pflanze von verschiedenen Temperaturgrenzen eingeschlossen sei. Ist diese Voraussetzung richtig, so lässt sich z. B. der Wachsthums-Stillstand, den Sachs häufig nach der Entfaltung aller im Embryo bereits angelegten Theile bei nur wenig das Minimum überschreitenden Temperaturen beobachtete, sehr leicht durch die Annahme erklären, dass jene Temperatur eben noch unterhalb des für die Assimilation geltenden Minimum lag, oder doch eine ausgiebige Production von plastischen Stoffen noch nicht zu unterhalten im Stande war.

Meine auf derartige Erwägungen begründete Vermuthung, dass die Streckung oberirdischer Organe bei niederen Temperaturen in Uebereinstimmung mit der entsprechenden bei Keimwurzeln derselben Pflanzen beobachteten verlaufen würde, liess sich für die in dieser Richtung untersuchten Organe, hypokotyle Stengel des weissen Senfes

---

[1]) Abhängigkeit der Keimung etc. S. 365 ff.

[2]) J. Wiesner, die Entstehung des Chlorophylls in der Pflanze. S. 91 ff.

und Plumula-Theile von Roggen und Weizen, durch die folgenden Versuche bestätigen.

1. *Sinapis alba.* Die hypokotylen Glieder (vom Wurzelhalse bis zur Ansatzstelle der Kotyledonen) von 4 im warmen Zimmer hinreichend herangewachsenen Keimlingen wurden 20 Tage lang bei einer mittleren Temperatur von + 0,75° C., die niemals + 1° C. überstieg, beobachtet.

(Versuch 25; 12. Febr.)

	Anfangslänge des gemessenen Stückes:	Zuwachse in je: 24 St.	24 St.	48 St.	48 St.	48 St.	48 St.	48 St.	48 St.	72 St.	72 St.
Temp.	+1°	+1°	+1°	+0,5°	+0,75°	+0,5°	+0,8°	+0,5°	+0,5°	+0,6°	+0,75° C.
No. 1.	8,75 mm	0,23	0,20	0,54	0,74	0,76	0,37	0,68	0,48	1,16	0,26
2.	9,60	0,14	0,34	0,34	0,17	0,12	0,60	Wurzel abgestorben.			
3.	17,33	0,08	0,31	0,62	0,65	0,46	0,65	0,68	0,37	1,48	0,62
4.	16,79	0,40	0,54	0,23	0,34	0,62	Wurzel abgestorben.				
Durchschnitt:		0,21	0,35	0,43	0,47	0,49	0,54	0,68	0,42	1,32	0,44

Es ergaben sich hieraus folgende tägliche Zuwachse: 0,21. 0,35. 0,21. 0,21. 0,23. 0,23. 0,24. 0,24. 0,27. 0,27. 0,32. 0,32. 0,21. 0,21. 0,44. 0,44. 0,44. 0,15. 0,15 mm. Wenn sich im Ganzen hier geringere tägliche Zuwachse herausstellten, als bei den möglichst gleich behandelten Keimwurzeln (vgl. S. 344), so dürfte dies einmal von der an sich grösseren Wachsthumsintensität der Wurzeln, sodann aber auch von dem weiter vorgeschrittenen Wachsthumsstadium der verwendeten Stengel, und dem Uebelbefinden der Wurzeln, die bei den Messungen litten, (2 starben ganz ab), herzuleiten sein.

Bei einem zweiten Versuche sollten die Zuwachse der Wurzeln und hypokotylen Stengelglieder je an einer und derselben Pflanze gemessen werden, indessen gelang dies nicht in der wünschenswerthen Weise, weil in Folge des Fehlens des sonst zum Festhalten sehr geeigneten Samens die der Beobachtung unterzogenen Organe selbst beim Messen beeinträchtigt wurden.

(Versuch 26; 18. Febr.)

	Anfangslänge der Wurzel + des hypok. Gliedes	Zuwachse in je: 48 St. Wurzel. Hyp. G.	48 St. Wurzel. Hyp. G.	48 St. Wurzel. Hyp. G.	48 St. Wurzel. Hyp. G.
Temp.	+ 0,75°	+ 0,5°	+ 0,75°	+ 0,5°	+ 0,5° C.
No. 1.	24,35 + 11,51 mm	1,25 + 0,48	0,82 + 0,11	0,40 + 1,25	0,23 + 0,17
2.	16,73 + 14,94	1,40 + 0,46	0,14 + 0,37	Wurzel abg. + 1,11	— + 1,00
Durchschnitt:		1,32 + 0,47	0,48 + 0,24	0,40 + 1,18	0,23 + 0,58

Der Zuwachs an Wurzel und Stengel nach je 48 Stunden war also sehr verschieden, bald überwog der an der Wurzel, bald um-

gekehrt. Die Summe der Zuwachse nach 8 Tagen betrug bei der Wurzel 2,73 mm, bei dem hypokotylen Stengelglied 2,51 mm.

2. *Secale cereale.* Gemessen wurde das weisse Scheidenblatt der Plumula von 3 im warmen Zimmer herangewachsenen, kräftigen, mit mehreren Wurzeln versehenen Keimlingen. Die Temperatur schwankte während der 14 Tage des Versuches zwischen 0 und + 1,5° C.

(Versuch 27; 26. Jan.)

Anfangslänge des Scheidenblattes:	Zuwachse in je: 24 St.	24 St.	48 St.	48 St.	48 St.	48 St.	96 St.	Summe der Zuwachse in 14 T.
Temp. + 1,5°	+ 1,25°	± 0°	+ 0,75°	+ 0,75°	+ 0,75°	+ 1°	+ 1,25° C.	
No. 1. 11,53 mm	0,40	0,23	0,51	1,45	0,77	1,31	3,32	7,99
2. 19,91	1,31	0,91	0,74	1,08	0,94	0,74	3,07	8,79
3. 7,22	0,60	0,17	0,77	1,11	0,82	0,94	2,67	7,08
Durchschnitt:	0,77	0,43	0,67	1,21	0,84	1,00	3,02	7,95

Auf je 24 Stunden berechnet ergeben sich durchschnittlich die folgenden Zuwachse: 0,77. 0,43. 0,33. 0,33. 0,60. 0,60. 0,42. 0,42. 0,50. 0,50. 4 × 0,75. Dieselben übertreffen die an den Keimwurzeln bei ungefähr gleichen Temperaturen beobachteten (vgl. S. 346).

Bei einem der verwandten Keimlinge (No. 1.) zeigte sich vom 8. Versuchstage an bei der jedesmaligen Revision an der Spitze des Scheidenblattes ein ausgepresster Wassertropfen als Anzeichen normaler Vegetation. Bei Abschluss des Versuches waren die von dem Scheidenblatt eingeschlossenen ersten Laubblätter der Plumula sämmtlicher 3 Keimpflänzchen entsprechend herangewachsen und lebhaft grün, bei No. 1 und 2 an der Spitze röthlichbraun gefärbt.

3. *Triticum vulgare,* von welchem gleichfalls die Scheidenblätter dreier Keimlinge gemessen wurden, verhielt sich ganz ähnlich wie *Secale cereale,* nur dass unter sonst ganz gleichen Verhältnissen der Zuwachs im Ganzen etwas weniger ausgiebig war. Die Temperatur betrug auch hier während der 14tägigen Versuchsdauer 0 — 1,5° C.

(Versuch 28; 26. Jan.)

Anfangslänge des Scheidenblattes:	Zuwachse in je: 24 St.	24 St.	48 St.	48 St.	48 St.	48 St.	96 St.	Summe der Zuwachse in 14 T.
Temp. + 1,5°	+ 1,25°	± 0°	+ 0,75°	+ 0,75°	+ 0,75°	+ 1°	+ 1,25° C.	
No. 1. 8,95 mm	0,03	0,08	0,34	0,66	0,71	0,62	2,10	4,54
2. 15,94	0,66	0,11	0,91	0,74	1,42	1,08	3,47	8,39
3. 6,65	0,26	0,[illegible]	0,17	0,43	0,68	0,43	2,44	4,52
Durchschnitt:	0,32	0,10	0,47	0,61	0,94	0,71	2,67	5,82

Folgendes ist demnach die Reihe der durchschnittlichen täglichen Zuwachse: 0,32. 0,10. 0,23. 0,23. 0,30. 0,30. 0,47. 0,47. 0,35. 0,35. 4 × 0,47 mm.

Am Ende des Versuches zeigten die Keimlinge No. 1 und 2 an der Spitze des Scheidenblattes ausgepresste Wassertropfen; die vom Scheidenblatt noch eingeschlossenen Blätter waren bei No. 1 und 3 in der oberen Hälfte grün, in der unteren gelb gefärbt, bei No. 2 fast ganz grün, nur an der Basis mit einer gelben Zone.

Die erhaltenen Zahlen der Zuwachse stimmen recht gut mit den bei den Wurzeln des Weizens aufgefundenen überein (vgl. S. 347).

V. Allgemeine Ergebnisse.

1. Durch die mitgetheilten Versuche an bereits in Streckung begriffenen Pflanzenorganen konnte zunächst festgestellt werden, dass für eine Reihe einheimischer Pflanzen diejenige untere Grenztemperatur, welche als constant gedacht einen völligen Stillstand der Streckung verursachen würde, tiefer liegt, als man früher, insbesondere auf Grund der Untersuchungen von Sachs, annahm. Dieses von im Wachsthum begriffenen Organen gewonnene Resultat bestätigt und erweitert die von Haberlandt und Uloth an auskeimenden Samen gemachten diesbezüglichen Untersuchungen.

2. Für einige der untersuchten Pflanzen (weisser Senf, Roggen, Weizen) muss die untere Temperaturgrenze für die Streckung dicht bei $\pm$ 0°, für andere (Erbse, Hanf) wenig höher liegen, da die letzteren bei Temperaturen zwischen + 0,5 und + 1° C. noch lange Zeit, 10—20 Tage lang, einen geringen Zuwachs erkennen liessen. Dass jene Temperatur aber schon unterhalb der unteren Grenze liegt, darf daraus geschlossen werden, dass die Zuwachse constant herabsanken.

Man wird kaum fehl gehen, wenn man das an den vorstehend genannten Pflanzen gewonnene Resultat auf die grosse Masse der bei uns einheimischen Gewächse überträgt. Dass jener langsame Zuwachs in der Nähe des Nullpunktes, wenn er längere Zeit fortdauert, häufig ausgiebig genug ist, um ohne weiteres in die Augen zu fallen, lehrt die alte Erfahrung der Landwirthe, dass z. B. Wintersaaten, sobald der Boden nicht gefroren ist, unter einer dichten Schneedecke, unter welcher eine Temperatur von etwa $\pm$ 0° herrschen muss, weiter wachsen. Nicht nur Stengel und Blätter zeigen unter derartigen Verhältnissen ein Wachsthum, sondern nach der Beobachtung Kerners[1]) entwickeln Alpenpflanzen unter der Schneedecke bei einer Temperatur von $\pm$ 0° sogar Blüthen, die häufig

---

[1]) Berichte des naturwissenschaftlich-medicinischen Vereines in Innsbruck. 15. Mai 1873. Bot. Zeitung S. 438.

von ihren sich streckenden Stielen durch Canäle im Eis, welche sie sich selbst herausschmelzen, über die Schnee- oder Eisdecke emporgehoben werden. Ebenso wie die oberirdischen Organe werden bei unsern einheimischen Pflanzen auch die Enden der Haupt- und Nebenwurzeln ein langsames Längenwachsthum im Winter zeigen, so lange der sie umgebende Erdboden nicht gefroren ist; und damit würde wenigstens eine theilweise Bestätigung der uralten Behauptung vorliegen, „dass die Wurzeln der Bäume im Herbst und Winter wüchsen“[1]). Bezüglich der Fortdauer des Dickenwachsthums der Wurweln während des Winters liegen bereits Untersuchungen von H. von Mohl und Th. Hartig vor. Ersterer[2]) stellte fest, dass das Wurzelholz einiger unserer einheimischen Laubhölzer „während des Winters keine Unterbrechung in seinem Wachsthum erleidet, sondern dass dasselbe, wenn auch langsam, doch ununterbrochen die Ausbildung des im Sommer begonnenen Jahresringes vollendet.“ Hieraus geht hervor, dass sowohl Flächen- und Dickenwachsthum der Zellwände, wie auch die Zelltheilung bei den niederen den Winter über im Erdboden bei uns herrschenden Temperaturen, welche in der Tiefe von 1 Meter nur wenige Grade über 0° betragen, noch von Statten geht. Die näheren Bedingungen dieses winterlichen Dickenwachsthumes sind freilich noch unbekannt, allein Mohl selbst schreibt die Verschiedenheit in der Zeit der Vollendung des Jahresringes in den oberirdischen und unterirdischen Pflanzentheilen der Verschiedenheit der in der Umgebung herrschenden Temperatur zu[3]). Dass indessen dabei noch mehr Factoren in Rechnung gezogen werden müssen, und dass nicht immer sämmtliche Bedingungen für das Dickenwachsthum im Winter erfüllt sind, beweisen die Einwürfe Th. Hartigs[4]) gegen die Mohl'schen Beobachtungen, welcher eine Reihe von Beispielen dafür anführt, dass das Dickenwachsthum der Wurzeln im Winter still steht.

3. Auch diejenigen Pflanzen, deren unterste Keimungs-Temperatur bedeutend oberhalb des Nullpunktes liegt, zeigen bei wenig über $\pm$ 0° liegenden Temperaturen noch ein geringes Längenwachsthum, welches jedoch allmählich herabsinkt, um endlich stillzustehen.

4. Die auf einander folgenden Zuwachse zeigen ein um so rapideres Herabsinken, je tiefer die Temperatur, die bei dem Versuche

---

[1]) Dies erwähnt schon Theophrast, caus. plant. I. 12, 1.

[2]) Bot. Zeitg. 1862. S. 313 ff.

[3]) l. c. S. 321.

[4]) l. c. 1863. S. 288.

verwendet wird, unterhalb des Keimungs-Minimum für die betreffende Pflanzenart liegt.

5. Das Fortdauern einer einmal begonnenen Streckung auch bei solchen Temperaturen, welche unterhalb des Minimum für den Beginn der Streckung (bei der Keimung) liegen, hat man als eine Nachwirkung der einmal eingeleiteten für das Wachsthum erforderlichen Bewegungen aufzufassen. Es gelingt, sich von dem Grunde dieser Nachwirkung eine Vorstellung zu machen, wenn man den Process der Streckung in seine einzelnen Momente einigermassen zu zerlegen versucht. Man kann so, gewissermassen als die letzten Phasen jener Umänderungen, die in einer wachsenden Pflanzenzelle vor sich gehen müssen, zwei Vorgänge von einander unterscheiden: die Bildung der fertigen, zum Bau der Zellwandung sofort verwendbaren Stoffe, und den rein physikalischen Process der Einlagerung der Moleküle dieser im Protoplasma bereiteten Zellhaut-Substanz in und zwischen die Micelle der ihre eigene Fläche vergrössernden Membran. Es wird nun auf Grund der vorliegenden Beobachtungen als sehr wahrscheinlich anzunehmen sein, dass die Einlagerung der Moleküle selbst bei jeder Temperatur vor sich gehen kann, bei welcher das Wasser noch nicht gefriert; dagegen ist der chemische Process der Ausbildung der Zellhaut-Moleküle bei verschiedenen Pflanzen an verschiedene Minimal-Temperaturen gebunden. Wird ein in der Streckung begriffenes Pflanzenorgan in eine unterhalb des Minimum für jenen chemischen Process liegende Temperatur gebracht, so kann zunächst noch ein Flächenwachsthum der Membranen unter Verwendung der bei der früher herrschenden günstigeren Temperatur vorgebildeten Baustoffe andauern; dasselbe erlischt erst, wenn jene vorgebildeten Stoffe verbraucht sind.

Ob bei der Erklärung geotropischer und heliotropischer Nachwirkungen nicht ähnliche Gesichtspunkte massgebend sein dürften, möchte ich vorläufig nur als Vermuthung aussprechen, da die Ursachen des Geotropismus und Heliotropismus bei Weitem noch nicht genügend aufgeklärt sind.

6. Das Flächenwachsthum der Zellmembranen unterhalb des Keimungs-Minimum geht nicht gleichmässig langsam vor sich, sondern sinkt: erstens bei andauernd gleicher Temperatur im Verlaufe des Versuches; zweitens im Verhältniss zu der sinkenden Temperatur. Erstere Erscheinung ist in dem fortschreitenden Verbrauche des Materials zum Aufbau der Membranen bei mangelnder Neubildung desselben begründet. Dass mit weiter sinkender Temperatur eine weitere Verlangsamung des Flächenwachsthums der Membranen eintritt, wird man

auf ein Nachlassen des Turgors in den einzelnen Zellen, der beim Flächenwachsthum eine Hauptrolle spielt, mit um so grösserem Rechte zurückführen dürfen, als im Verlaufe der oben angeführten Versuche vor dem Tode der wachsenden Organe nicht selten eine direct messbare Verkürzung in Folge von Turgor-Verlust beobachtet werden konnte.

7. Fasst man nur den Process der Streckung wachsender Organe ins Auge, ohne die Vorgänge zu berücksichtigen, welche zur Einleitung und Unterhaltung der Streckung unumgänglich nothwendig sind, so lässt sich bezüglich der erforderlichen Temperatur-Minima ein Unterschied in der Streckung oberirdischer und unterirdischer Organe einer und derselben Pflanzenart nicht constatiren.

Hohenheim den 7. December 1880.

Endoclonium polymorphum.

Von

Dr. Max Franke,

Assistent am botanischen Institut der Universität Messina.

Mit Tafel XVIII.

1. Im Januar 1882 sammelte ich aus dem Wasserreservoir des hiesigen Militärhospitalgartens *Lemna gibba* L., um dieselbe auf endophytische Algen hin zu untersuchen, da schon mit blossem Auge besonders auf den absterbenden entfärbten Pflänzchen dunkelgrüne Flecke von verschiedener Gestalt und Grösse sichtbar waren. In der Erwartung ein Chlorochytrium anzutreffen sah ich mich jedoch getäuscht; vielmehr ergab die mikroskopische Untersuchung, dass es sich hier um eine neue, der Gattung *Endoclonium*[1]) (Szymanski) beizurechnende Alge handelte, welche als *Endoclonium polymorphum* im Folgenden beschrieben werden möge.

2. Aeussere Beschreibung. Wir haben zwei Formen des Lemnabewohners zu unterscheiden, welche, obschon zusammengehörig, besser getrennt geschildert werden, nämlich:

a) die endophytische, protococcusartige Form und

b) die epiphytische Stigeoclonium-Form.

a) Die endophytische Form. Unmittelbar unter den Spaltöffnungen der Oberseite von *Lemna gibba* L. beobachtet man in den grossen Lufträumen des weitmaschigen Parenchyms entweder einzelne, grüne, völlig kugelige Zellen oder Gruppen derselben (Fig. 1. c und d). Nur sehr selten, und dann zufälligerweise durch gelegentliche Oeffnungen dorthin gelangt, findet sich der Endophyt entfernt von den Stomata im Lemnagewebe oder auf der der Spaltöffnungen völlig entbehrenden Unterseite oder in den Wurzeln des Wirthes. Dieser Umstand, sowie die Structur der Zellen, die Zoosporenbildung und -Entleerung erinnern an *Chlorochytrium Knyanum;* doch zeigt *Endoclonium* nicht die für diese Alge beschriebene Veränderlichkeit der Zellform. Die Zellen unseres *Endoclonium* sind wie gesagt kugelig und werden nur in den Gruppen durch gegenseitigen Druck polyedrisch. Im Laufe ihres Wachsthums erreichen die Zellen eine

[1]) Conf. Szymanski: „Ueber einige parasitische Algen." Inaug. Dissertat. Breslau 1878.

Grösse bis zu 0,027 mm im Durchmesser. Sie sind umgeben von einer mässig dicken Membran, welche deutliche Cellulosereaction zeigt. Der Inhalt ist bei jungen Zellen ein gleichmässiges, lichtgrünes Protoplasma, in welchem man ausser mehreren, sehr kleinen Körnchen und Hämatochromtröpfchen einen grossen Amylumkern erkennt. In älteren Zellen, nicht aber in ihrem jüngsten Zustande, konnte ich einen Zellkern nachweisen. An Stelle des einen Amylumkerns bemerkt man später mehrere: das Plasma erscheint grobkörnig. Nun beginnt die Vacuolenbildung; das Protoplasma bildet schliesslich, wie es auch für *Chlorochytrium* beschrieben wurde, ein zartes, grünes, die Zelle durchsetzendes Netzwerk, worin der Nucleus nebst Nucleolus, Amylumkerne und Hämatochromtröpfchen eingebettet sind (Fig. 1 und Fig. 2). So erscheinen die Zellen des Endophyten vor der Zoosporenbildung. Diese wird in der gewöhnlichen Weise eingeleitet: die Vacuolen verschwinden, das Plasma vertheilt sich gleichmässig, erscheint grobkörnig und dunkelgrün. Diese Färbung nimmt mit fortschreitender Zoosporenbildung einen gelblich-braunen Ton an.

Durch vegetative Vermehrung und zwar durch Zweitheilung können die einzelnen Zellen von *Endoclonium* Colonieen bilden, welche meist klein bleiben und sich auf eine geringe, gewöhnlich gerade Anzahl von Zellen beschränken. Indem aber in einer Tochterzelle die Zweitheilung auch ausbleiben kann, bestehen bisweilen solche Colonieen aus einer ungeraden Zellenzahl. Im Allgemeinen jedoch sind die Zellgruppen des Endophyten dadurch zu Stande gekommen, dass zahlreiche Schwärmsporen nach und nach in denselben Luftraum drangen, zu Zellen wurden, die sich vegetativ vermehrten und mit den übrigen, bereits vorhandenen durch ihre Membranen verwuchsen. Sie bilden schliesslich durch immer neuen Zuwachs grosse Zellcomplexe, welche das begrenzende Lemnagewebe stark zusammendrücken. Findet in den benachbarten Lufträumen des Wirthes ein gleich üppiges Wachsthum der Endophyten statt, so gehen die Gruppen scheinbar in einander über und werden schon dem blossen Auge als verschiedengestaltige, grosse, grüne Flecke sichtbar. An den Berührungsstellen platten sich die Zellmembranen ab und verwachsen miteinander. Die Zahl der eine Endophytengruppe zusammensetzenden Zellen ist oft sehr bedeutend (es gelang in einer keineswegs von den grösseren gegen 50 zu zählen), die Structur ist die oben von einer einzelnen beschriebene.

b) Die epiphytische Form. Diese äusserst zierliche, gestaltenreiche Form findet sich auf allen Theilen der Oberfläche des Wirths. Auf den Wurzeln zeigt sie ein diesen angepasstes vorwiegendes Längenwachsthum mit schwacher seitlicher Verzweigung; die

Wachsthumsrichtung ist gegen die Wasseroberfläche zu gekehrt. Auf dem horizontal schwimmenden, thallusartigen Lemnatheile beobachtet man einen grossen Formenreichthum. Von kurzen, einfachen, wenigzelligen zu weitläufig verzweigten, von einzelnen auf der Epidermis zerstreuten Zellen zu kleineren und grösseren, scheiben- oder schildförmig ausgebreiteten, parenchymatischen Colonieen mit fädenförmig ausgezogenen Rändern finden sich alle möglichen Uebergangsformen (Fig 16, Fig. 5).

Die Zellreihen folgen in ihrem Verlaufe häufig den Epidermiszellmembranen; sie, wie die Zellscheiben bilden gewöhnlich nur eine Zelllage, welche der Epidermis des Wirths fest angedrückt ist. Sie erinnern lebhaft an die von Reinke[1]) und Wille[2]) beschriebene *Endocladia,* an *Endoclonium chroolepiforme* Szymanski[3]) und an *Stigeoclonium*[4]). Die Zellen des Epiphyten sind durchschnittlich 0,004 mm breit, 0,0054 mm lang, von rectangulärer, rundlicher, oder, wie in dem parenchymatischem inneren Theile der Zellscheiben, von polyedrischer Gestalt. Eine äusserst zarte Cellulosemembran, an welcher keine Vergallertung beobachtet wurde, umgiebt das in jungen Zellen homogene, hellgrüne Protoplasma, worin stets ein deutlicher Amylumkern, späterhin auch Haematochromtröpfchen, wie andere Körnchen, nie aber ein Nucleus nachzuweisen war. Auch in den Zellen der epiphytischen Form treten beim Aelterwerden Vacuolen im Plasma auf, welches, indem jene in der Mitte zusammenfliessen, randständig wird. In diesem Zustande erinnert die Zellstructur von *Endoclonium* an die für *Ulothrix*arten bekannte und abgebildete[5]). Vor der Zoosporenbildung verschwinden die Vacuolen, das gleichmässig sich vertheilende Protoplasma erscheint dunkelgrün. Die epiphytischen Formen unserer Alge entstehen wie die endophytischen entweder durch Wachsthum, Theilung und Verzweigung einer einzigen Zelle, oder — und dieses ist auch hier das gewöhnlichere — durch Vereinigung mehrerer in vegetativer Vermehrung begriffener Zellen. Die Schwärmsporen, nachdem sie zur Ruhe gekommen sind und eine Membran ausgeschieden haben, wachsen in die Länge; durch Querscheidewände entstehen Zellfäden, deren Zellen sich an einer beliebigen Stelle auszweigen können.

---

[1]) Cf. Reinke: „Zwei parasitische Algen." Bt. Ztg. 1879. No. 30.

[2]) Cf. Wille: „On en endophytik Alge." Algolog. Bidrag, Christiania 1880.

[3]) Dr. Szymanski: „Ueber einige parasitische Algen." Breslau 1878. Inaug. Diss.

[4]) Cf. Cienkowski: „Ueber Palmellazustände bei *Stigeoclonium.*" Ref. im Just'schen Bot. Jahresbericht, IV. Jahrg. 1876, Ref. 47. p. 42—44.

[5]) Cf. Dodel: „Die Krauthaar-Alge, *Ulothrix zonata.*" Leipzig 1876.

wobei die Aeste ebenfalls an der Epidermis angedrückt bleiben und sich nicht von ihr abheben, wie es bei *Stigeoclonium* und *Endocladia* beobachtet wird. Begegnen sich zwei oder mehrere solcher Zellfäden, so verwachsen sie an den Berührungsstellen, woraus sich ein unendlicher Formenreichthum ergiebt. Dass die Verzweigungen gern dem Verlaufe der Membranen der Epidermiszellen von *Lemna* folgen, wurde bereits erwähnt. In anderen Fällen kommen die Schwärmsporen haufenweise zu mehreren nebeneinander zur Ruhe. Sie geben, sich vermehrend und mit einander verschmelzend, einer pseudoparenchymatischen Colonie den Ursprung, deren peripherische Zellen wieder zu längeren oder kürzeren Fäden auswachsen. Zwischen den grünen lebenden Zellen des Epiphyten und zwar bei den Zellfäden unregelmässig zwischen den vegetirenden zerstreut, bei den Zellscheiben dagegen in der Mitte trifft man ihres Inhaltes entleerte Zellen: es sind dies die entleerten Zoosporangien (Fig. 5 und 6).

3. Zoosporenbildung und Zusammenhang beider Formen. Neben der vegetativen Vermehrung beobachtet man bei beiden Formen des *Endoclonium* Fortpflanzung durch Schwärmsporen, deren Bildung in beiden Fällen durch Zweitheilung erfolgt. Bei der endophytischen Form zeigt sich, dass Alter und Grösse der Zellen keinen wesentlichen Einfluss auf die Zoosporenbildung haben, welche durch Veränderung der Lebensbedingungen sehr beschleunigt werden kann. Mit dem Verschwinden der Vacuolen vertheilt sich das vorher die Zelle netzartig durchsetzende Protoplasma gleichmässig. Der Zellinhalt erscheint dunkelgrün und grobkörnig. Durch fortgesetzte Zweitheilung entstehen die Zoosporen, wobei jedoch nicht beobachtet werden konnte, ob der Zoosporenbildung eine Theilung oder Auflösung des Nucleus vorangeht[1]). Die Grösse der Zoosporen schwankt in engen Grenzen, je nachdem mehr oder weniger von ihnen in einem Zoosporangium sich bildeten. Durchschnittlich sind sie 0,0035 mm breit, 0,0075 mm lang (ohne Cilien, mit ihnen doppelt so lang). Ihre Form ist länglich, sie zeigen einen Amylumkern, einen rothen Augenfleck und 2 Cilien am vorderen, zugespitzten hyalinen Ende (Fig. 4). Die Zoosporen treten, nachdem sie schon im Zoosporangium leise Bewegungen zeigten, durch Zerplatzen der Sporangiumwand in einer gemeinsamen Hülle nach aussen (Fig. 3b). Zuweilen zerreisst schon innerhalb des Sporangiums die gemeinsame Membran, und dann treten die Zoosporen einzeln in's Freie (Fig. 3a).

[1]) In einem Falle wurde beobachtet, dass bei der Schwärmsporenbildung der Inhalt des Sporangiums sofort in 4, in die Ecken eines Tetraeder gestellte Theile zerlegt wurde.

Im Zoosporangium bleiben in diesem Falle Reste der Hülle zurück. In Folge der lebhafteren Bewegung der Zoosporen reisst, indem sie sich mehr und mehr erweitert, endlich die jene einschliessende Blase, worauf sich die Zoosporen im Wasser vertheilen. Weder während ihres Schwärmens innerhalb der gemeinsamen Hülle noch später konnte eine Copulation der Zoosporen festgestellt werden. Sie bewegten sich oft $1\frac{1}{2}$—2 Stunden lang mit allmählich abnehmender Geschwindigkeit, begegneten sich, verschlangen sich mit ihren Geisseln, lösten sich aber sofort wieder los. Bei einem durch Zerreissen eines Stückes Lemnagewebe und durch Druck isolirten und aus dem Wirthe gelösten Sporangium wurde nun direct beobachtet, dass nach verhältnissmässig kurzem Schwärmen die ausgeschlüpften Zoosporen sich auf der Epidermis von *Lemna* festsetzten. Einige kamen auf der Grenze der Epidermiszellen zur Ruhe, andere gruppenweise nebeneinander. Sie umgaben sich mit einer Membran und nahmen jenes, für junge Zellen der epiphytischen Form charakteristische Aussehen an, wobei der Augenfleck noch lange Zeit sichtbar blieb. Durch weiteres vegetatives Wachsthum erzeugen sie die andere Form. Auch diese entwickelt Zoosporen, und zwar scheint hier die Bildung derselben in Beziehung zu dem Alter der Zellen zu stehen. In den Zellscheiben nämlich nehmen die relativ älteren Zellen die Mitte ein und man beobachtet, dass die Zoosporenbildung in centrifugaler Richtung von innen nach aussen vorschreitet, so dass man die mittleren Zellen einer solchen Colonie häufig nur aus den zurückgebliebenen Membransceletten der entleerten Zoosporangien gebildet findet, während die peripherischen Zellen lebhaft weiter vegetiren (Fig. 5). Bei den Zellfäden ist keine solche Regelmässigkeit zu constatiren, welcher Umstand seine Erklärung darin findet, dass, wie wir sahen, die Zellfäden und ihre Verzweigungen auf sehr verschiedene Weise, durch zufällige Verschmelzung oft sehr ungleichaltriger Fäden zu Stande kommen. Die epiphytische Form von *Endoclonium* erzeugt zweierlei Arten von Zoosporen, welche als Micro- und Macrozoosporen unterschieden sein mögen. Die Macrozoosporen, durchschnittlich 0,0108 mm breit, 0,0135 mm lang (stets ohne Cilien), haben birnförmige Gestalt, einen Amylumkern, einen Augenfleck und 4 Cilien am zugespitzten, hyalinen Vorderende. Sie sind den bei *Ulothrix* bekannten Macrozoospooren sehr ähnlich und entstehen wie diese einzeln in einem Macrozoosporangium. Die Microzoosporen gleichen in Gestalt und Grösse den Zoosporen der endophytischen Form, sie haben wie diese nur zwei Cilien, einen Augenfleck und einen Amylumkern. Sie entstehen durch successive Zweitheilung

in einem Microzoosporangium, gewöhnlich zu zweien, doch auch zu vieren und mehr. Der Zweitheilung des gesammten Inhalts geht eine Zweitheilung des Amylumkerns voraus. Beiderlei Zoosporen gelangen durch ein in der Membran der Mutterzelle entstandenes Loch nach aussen (cf. Fig. 6). Eine Verschiedenheit der Structur der Micro- und Macrozoosporangien ist nicht zu bemerken: jede Zelle scheint befähigt das eine oder das andere zu werden. Im Zoosporangium bleibt nach dem Austritt der Zoosporen nichts zurück; zuweilen nur trifft man darin eine in Desorganisation begriffene Zoospore, die neben den Schwestern nicht zur vollen Entwickelung kam. Das weitere Schicksal der Zoosporen ist verschieden. Die verhältnissmässig selteneren, schwerfälligen Macrozoosporen kommen nach längerem oder kürzerem Schwärmen zur Ruhe, setzen sich auf der Epidermis von *Lemna* fest und wiederholen auskeimend die ramificirte epiphytische Form. Dieser Entwickelungsgang ist leicht zu beobachten, auf grössere Schwierigkeiten stösst man bei dem Studium der Microzoosporen. Es ergab sich, dass diese copuliren können. Die Copulation wurde nur in einem einzigen Falle direct beobachtet, doch wiesen Vorkommen von Zygozoosporen mit 2 Augenflecken, in denen noch eine Art Zerklüftung in der Mitte sichtbar war, mit grosser Wahrscheinlichkeit auf eine Verschmelzung hin. Der Ursprung der copulirenden Schwärmsporen aus einer epiphytischen Form war ausser Zweifel. Die Zygozoospore, welche die für diese Copulationsproducte characteristische Bewegungen zeigt, ist etwa von der Gestalt und Grösse der Macrozoosporen, hat 2 Augenflecke und 4 Cilien. Ihre weitere Entwickelung ist mir nicht bekannt. Ich glaube jedoch nach Analogie der copulirten Microzoosporen von Ulothrixarten schliessen zu dürfen, dass die Zygozoosporen in die Wirthspflanze eindringen und die Protococcusform erzeugen. In den meisten Fällen jedoch copuliren die Microzoosporen nicht, sondern dringen ohne weiteres durch die Spaltöffnungen der Oberhaut in die Lufträume von *Lemna gibba* ein, kommen hier zur Ruhe, geben der endophytischen Form den Ursprung und beschliessen so den Entwickelungskreis von *Endoclonium,* wie er sich durch directe Beobachtungen ergiebt (cf. Fig. 7).

4. Culturversuche. Die Culturversuche wurden unternommen zum Zwecke, den nach den vorhergegangenen Beobachtungen klargewordenen Zusammenhang beider Formen direct zu beweisen. Sie ergaben jedoch auch noch andere Resultate, welche für die systematische Stellung von *Endoclonium* bestimmend sind. Da es bei dem gemeinsamen Auftreten beider Formen in resp. auf demselben Stück der Wirthspflanze schwierig ist reine Culturen zu erhalten, glückte

es nur einige Male sichere Beweise zu erhalten. Stücke, auf denen nach genauer mikroskopischer Untersuchung nur die epiphytische Form vegetirte, wurden in einem hängenden Tropfen Wasser cultivirt. Es zeigte sich, dass Zoosporen in das Lemnagewebe eingedrungen waren und sich zu der endophytischen Form weiter entwickelten. Wiewohl es ferner leicht ist und man häufig Gelegenheit hat das directe Eindringen und zur Ruhekommen der Microzoosporen zu beobachten, gelang eine ununterbrochene Verfolgung des ganzen Verlaufes ihrer Entwickelung nicht. Noch andere Thatsachen beweisen den Zusammenhang beider Formen. Werden durch Zerreissen von Lemnagewebe junge, erst kürzlich eingedrungene und zur Ruhe gekommene Microzoosporen isolirt, so zeigt sich, dass sie im freien Medium zu Fäden anwachsen. Hierdurch wird zugleich ein Beweis dafür beigebracht, dass die protococcusartige, endophytische Entwickelung auf die veränderte Lebensweise, Beschränktheit des Raumes zurückzuführen ist. Es wird diese Annahme um so wahrscheinlicher, als zuweilen junge endophytische Colonieen freilich nur gering verlängerte peripherische Zellen zeigen, welche aber bei dem Aelter- und Grösserwerden der Colonie sich völlig abrunden und kugelig werden. Entscheidend für die systematische Stellung der Alge waren Culturen der epiphytischen Form in feuchter Luft, am Rande eines umgestülpten Glases. Auf einem Wurzelstück von *Lemna gibba,* welches reich von der epiphytischen Form besetzt war, vergrösserten sich die Colonieen sehr bedeutend, so dass einzelne Zellen nach etwa 14 tägiger Cultur eine Grösse von 0,05 mm erreichten (Fig. 8). Zugleich vermehrten sich die Colonien vegetativ, wie durch Zoosporen. Von diesen setzten sich einige fest und erneuten die epiphytische Form, andere aber gingenin einen Dauerzustand über, indem sie sich abrundeten und mit einer verhältnissmässig starken Membran umgaben. Derartige Dauerzustände (Fig. 10) bilden auch die Macrozoosporen, und zwar grössere Zellen, so dass man jene in sehr verschiedener Grösse antrifft. Sie zeigen alle ein körniges, dunkelgrünes Plasma und einen Amylumkern. In Wasser gebracht formen sie sich entweder direct zu Schwärmsporen um oder bilden solche durch Theilung. Nie wurde beobachtet, dass ihre Membran sich vergallerte oder mehrere in einer Gallertmasse vereinigt waren. Die Zellen dieser sich stark vergrössernden und vermehrenden Colonieen bilden durch Zweitheilung Zoosporen (Fig. 8). Die peripherischen Zellen sowie die Fäden verlängern sich und verzweigen sich eben so üppig, wobei sich die Zweige von dem verhältnissmässig klein gewordenen Substrat abheben. Die Endzelien stellen das Scheitelwachsthum ein und verlängern sich zu

langen, chlorophylllosen Spitzen, wie sie für *Stigeoclonium* charakteristisch sind (Fig. 9). Auch die Zellen der Verzweigungen vergrössern sich stark und erreichen die doppelte Länge und Breite der unter gewöhnlichen Verhältnissen vegetirenden *Endoclonium*zellen.

5. Der Generationswechsel ist bei *Endoclonium* nicht bestimmt ausgeprägt. Eine Copulation der Microzoosporen scheint nicht nothwendig, weshalb, ganz abgesehen von der Gleichheit der Structur der copulirenden Schwärmer, es sich von selbst verbietet die epiphytische als geschlechtliche Schwärmsporen erzeugende von der endophytischen als ungeschlechtlicher Generation zu unterscheiden. Ferner ist eine gesetzmässige Aufeinanderfolge beider Entwickelungsstadien nicht gesichert. Es scheint vielmehr die endophytische Form als ein in Folge veränderter Lebensbedingungen in den Lufträumen der Lemnapflanze diesen neuen Raumverhältnissen angepasster Zustand angesehen werden zu müssen. Die Microzoosporen sterben keineswegs ab, wenn sie nicht Gelegenheit finden in die Wirthspflanze einzudringen, sondern wiederholen wie die Macrozoosporen ihre epiphytische, verzweigte Mutterform. Bei Culturversuchen zeigt sich diese Erscheinung sehr häufig. Ebenso scheint mir das Zurückschlagen der endophytischen Zoosporen in die erzeugende Form durchaus wahrscheinlich, obschon keine directen Beweise vorliegen. Die endophytischen Zellgruppen nämlich verschliessen zuweilen die Spaltöffnungen von *Lemna* eng und damit den gebildeten Zoosporen den Austritt aus den Lufträumen, dennoch vermehren sich die Zellcomplexe und fahren ununterbrochen fort Schwärmsporen zu bilden, die nach ihrem Austritt aus dem Sporangium genöthigt sind in dem Luftraume sich weiterzuentwickeln. Hierdurch scheint auch die ausserordentliche Anzahl der die endophytischen Algengruppen zusammensetzenden Zellen eine Erklärung zu finden.

6. Die Symbiose von *Endoclonium* bietet in sofern Interesse, als die endophytische Form als ein in Folge geänderter Vegetationsverhältnisse diesen angepasster Zustand erscheint. An einen eigentlichen Parasitismus kann nicht gedacht werden. Bei der epiphytischen Stigeocloniumform ergiebt sich dies ohne weiteres, aber auch die Symbiose der endophytischen Protococcusform kann höchstens als Raumparasitismus (Klebs) gedeutet werden. Man findet, wie oben erwähnt, die Alge zumeist und in üppigster Entwickelung in den abgestorbenen Pflänzchen, die sie auch mit grösserer Vorliebe aufzusuchen scheint, da das weicher und nachgiebiger gewordene Gewebe des Wirths ihr neben genügendem Schutze auch freiere Entwickelung gestattet, während die Zellen lebender Pflänzchen ihr durch ihre Resistenz und Gegenwirkung hinderlich sein würden.

7. Die systematische Stellung von *Endoclonium* ist nach den ausgeführten Untersuchungen gesichert. Es gehört zunächst zu den isogamen Confervoideen und unter diesen zu den Chaetophoreen in unmittelbarer Nähe von *Stigeoclonium*. Mit *Endocladia* theilt *Endoclonium* das Gemeinsame eines Raumparasitismus, doch vegetirt *Endocladia* nach Reinke und Wille in der Zellmembran des Wirths, während die Zellen der epiphytischen Form von *Endoclonium* nie von der Lemnamembran überzogen sind, sondern ihr dicht aufliegen. Die Alge war demnach nicht als neue Species der Gattung *Endocladia* einzuordnen. Dr. Szymanski beschreibt in seiner, im botanischen Institut des Prof. Dr. Ferd. Cohn verfassten Inauguraldissertation „über einige parasitische Algen, Breslau 1878" eine in abgestorbenen Pflänzchen von *Lemna minor*, *trisulca* und *polyrrhiza* beobachtete endophytische Alge unter dem Namen *Endoclonium chroolepiforme,* welche unsrem *Endoclonium* sehr nahe zu stehen scheint. Cohn hatte bereits in seinem Aufsatze „über parasitische Algen" Band I. Heft 2, p. 106 dieser Beiträge auf diesen grünen Endophyten hingewiesen, welcher in den Intercellularräumen der *Lemna risulca* netzartig verbundene Gliederfäden bildet; Szymanski ermittelte die Entdeckungsgeschichte in der Art, dass die Alge sich durch Macro- und Microgonidien fortpflanzt und theils in den Intercellulargängen der *Lemna* in rosenkranzförmig gegliederte, verzweigte und in Haarspitzen auslaufende Fäden auswächst, theils an der Oberfläche in Stigeocloniumform hervorsprosst. Szymanski beobachtete noch die pseudoparenchymatische Verbindung der im Innern des *Lemna* gekeimten Zoosporen, die Entstehung rother Dauerzellen im Herbst, und eine Vergallertung in Palmellen- oder Protococcusartige Zustände, wodurch ihre Verwandtschaft mit *Ulothrix* und *Stigeoclonium* angezeigt wird; dagegen erinnerte ihr Eindringen in das todte Lemnagewebe an das Hineinwachsen von *Chroolepus* in das Rindengewebe der Bäume, worauf nach den Untersuchungen von Frank die Bildung des hypoplöodischen Thallus der *Chroolepideen* beruht, so dass *Endoclonium* die biologischen und morphologischen Eigenthümlichkeiten von *Stigeoclonium* und *Chroolepus* in auffallender Weise verbindet. Obwohl sich aus der Dissertation von Szymanski wegen der mangelnden Abbildungen keine klare Vorstellung gewinnen lässt, scheint mir doch wahrscheinlich, dass wir beide zwei Arten der nämlichen endophytischen Algengattung beobachtet haben; doch muss ich die von mir untersuchte Form wegen der beschriebenen abweichenden Entwickelungsgeschichte für eine selbstständige Art ansehen.

Man könnte geneigt sein unsere Alge als ein *Stigeoclonium* anzu-

sehen. Auch für *Stigeoclonium* ist das Vorkommen vierwimpriger ungeschlechtlicher Macrozoosporen neben zweiwimprigen Microzoosporen bekannt, ferner bieten die zugespitzten Endzellen, die Verzweigung der Fäden, die scheibenförmigen Colonieen, welche in gleicher Weise bei beiden zu stande kommen, Uebereinstimmendes. Das Vorkommen zweier bestimmt in ihrem äusseren Habitus unterschiedener Formen, welche in einer Art freilich nur angedeuteten Generationswechsels stehen, bestimmte mich den Lemnabewohner von der Gattung *Stigeoclonium* auszuschliessen. Die Uebereinstimmung in der Structur der vegetativen Zellen der epiphytischen Form, sowie die der Macro-, Micro- und der Zygozoosporen mit den entsprechenden Formen bei *Ulothrix* nähern *Endoclonium* den *Ulothricheen;* sie unterscheiden sich nach der augenblicklich für diese Familie geltenden Diagnose nur durch die Verzweigungsfähigkeit der Zellen und durch das Vorkommen spitz verlängerter, chlorophyllfreier Endzellen. Es scheint demnach *Endoclonium polymorphum* als eine die *Ulotricheen* mit den *Chaetophoreen* verbindende Zwischenform anzusehen zu sein.

8. Zusammenfassung. *Endoclonium polymorphum,* zunächst nur auf *Lemna gibba* L. beobachtet, bewohnt diese Pflanze in zwei Formen, endophytisch in den Lufträumen unter den Spaltöffnungen der Oberseite und epiphytisch auf allen Theilen des Wirths. Beide Formen sind durch unvollkommenen Generationswechsel verbunden, neben welchem jedoch auch zahlreich Wiederholungen der erzeugenden Form beobachtet werden. Die Zoosporen der endophytischen Protococcusform keimen auf der Oberfläche von *Lemna,* nachdem sie in mannigfaltiger Anordnung zur Ruhe gekommen sind und geben der epiphytischen Form den Ursprung. Diese erzeugt Macrozoosporen mit 4 Cilien, welche stets die Mutterform erneuern und Microzoosporen, welche ohne vorhergegangene Copulation entweder durch die Spaltöffnungen in die Lufträume von *Lemna* eindringen und sich zur endophytischen Form entwickeln oder aber auch, wenn es ihnen nicht gelingt in das Gewebe des Wirths einzudringen, die ramificirte Form wiederholen. Die Microzoosporen können jedoch auch copuliren: die Zygozoospore dringt wahrscheinlich ebenfalls in die Lufträume von *Lemna* und erzeugt die Protococcusform. In feuchter Atmosphäre cultivirt, vergrössern und vermehren sich die Zellen der epiphytischen Form stark und können in einen Dauerzustand übergehen, gleich den Micro- und Macrozoosporen, indem sie ihre Membran verdicken, ohne dass jedoch Gallertbildung eintritt. Die Scheitelzellen der Fäden stellen nach einer Zeit ihr Längenwachsthum ein und verlängern sich zu chlorophylllosen langen Spitzen.

Alle Zoosporen zeigen einen rothen Augenfleck und entstehen mit Ausnahme der einzeln im Sporangium gebildeten Macrozoosporen durch fortgesetzte Zweitheilung. Die Grösse der Macrozoosporen ist 0,0101 mm breit, 0,0135 mm lang, sie besitzen 4 Cilien, die Grösse der nur mit 2 Cilien versehenen Microzoosporen und Zoosporen der endophytischen Form ist 0,0035 mm breit, 0,0075 mm lang (beide Male ohne Geisseln gerechnet). Die Symbiose von *Endoclonium polymorphum* ist als Raumparasitismus anzusehen, die endophytische Form als eine den veränderten Lebensverhältnissen angepasste Entwickelung der epiphytischen.

Vorstehende Untersuchung wurde in dem botanischen Institute der Königl. Universität Messina vorgenommen. Dem Director desselben, Herrn Prof. A. Borzi, sowie Herrn Prof. F. Cohn, fühle ich mich für ihre liebenswürdige Unterstützung zu bestem Danke verpflichtet.

Messina, bot. Inst. der Universität,
im Mai 1882.

Dr. Max Franke.

Figuren-Erklärung.

(Vergrösserung überall 660 mal.)

Endoclonium polymorphum nov. spec.

Fig. 1. Stück Lemnagewebe von *Endoclonium* bewohnt, a. eindringende Zoosporen, b. verzweigte Form, keimende Zoosporen, c. eine endophytische Colonie mit Zellen in verschiedenen Entwickelungsstadien. d. junge Zustände der endophytischen Form.

Fig. 2. Querschnitt durch *Lemna*; im Luftraum unter der Spaltöffnung eine einzelne Zelle der endophytischen Form.

Fig. 3. a. und b. Ausschlüpfen der Zoosporen der endophytischen Form.

Fig. 4. Zoosporen der endophytischen Form.

Fig. 5. Eine epiphytische schildförmige Colonie.

Fig. 6. Bildung der Micro- und Macrozoosporen.

Fig. 7. Micro-, Macro- und Zygozoosporen.

Fig. 8. und 9. Epiphytische Colonien nach 14tägiger Cultur in feuchter Luft.

Fig. 10. Dauerzustände.

Zur

Kenntniss der Entwicklung bei den Ascomyceten.

Von

Dr. Eduard Eidam.

Mit Tafel XIX—XXIII.

I.

Einleitung.

Allgemein historischer Ueberblick. Bei Durchsicht der Literatur über die gegenwärtig entwicklungsgeschichtlich untersuchten *Ascomyceten* finden wir sehr verschiedene Angaben darüber, wie die Entstehung der Schlauchfrüchte bei diesen Pilzen vor sich geht. Zuerst hat de Bary[1]) bei *Eurotium* und *Erysiphe*arten nachgewiesen, dass die Fruchtkörperanlagen im allerjüngsten Zustand bereits sich deutlich vom Mycelium unterscheiden, derselbe entdeckte die auffallenden Primordien der Becher von *Peziza confluens,* welche auch Tulasne[2]) und jüngst Kihlman[3]) untersucht haben, Woronin[4]) fand bei *Sphaeria Lemaneae,* sowie bei *Sordaria* die Anfänge der Perithecien besonders differenzirt und wies bei Arten der Gattung *Ascobolus* und *Peziza* die eigenthümliche Gestaltung des Primordiums der Becher nach. Zu ähnlichem Resultat gelangten Baranetzki[5]) bei *Gymnoascus,* Gilkenet[6]) bei *Sordaria,* Brefeld[7]) bei *Penicillium,* derselbe und Kihlman[8]) bei *Melano-*

---

[1]) Bot. Ztg. 1854. — Ueber die Fruchtentwicklung der *Ascomyceten.* Leipzig 1863. — Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Pilze von de Bary und Woronin. III. Reihe. Frankfurt a./M. 1870.

[2]) Annal. des scienc. nat. Botanique. V. Sér. T. 6. 1866.

[3]) O. Kihlman, Acta soc. scient. fenn. T. XIII. 1883.

[4]) de Bary und Woronin, Beitr. z. Morph. d. Pilze. II. u. III. Reihe.

[5]) Bot. Ztg. 1872. No. 10.

[6]) A. Gilkinet, Rech. morph. sur les Pyrénomycétes. Bull. de l'Acad. de Belgique. Avril 1874.

[7]) O. Brefeld, Bot. Untersuch. über Schimmelpilze. II. Heft. 1874.

[8]) l. c.

spora, van Tieghem[1]) bei *Chaetomium*, bei *Ascodesmis, Gymnoascus, Penicillium* und verschiedenen *Aspergillus*arten. Diese Pilze beginnen den Aufbau ihrer Fruchtkörper stets nur mit einer einzigen oder mit zwei Hyphen, welche als besondere, vom Mycel durch ihre Form specifisch abweichende Auszweigungen entstehen und sehr häufig schraubig eingerollt sind. Eine Hyphe verhält sich als Ascogon und sie wird in der Regel von der anderen gemeinsam mit zahlreichen Hüllschläuchen umwachsen, wodurch die Anfänge der Peritheciumwand, resp. der sterilen Theile an der Frucht gebildet werden.

Hiervon weicht die Art der Entstehung ab, welche Bauke[2]) für die Perithecien von *Pleospora herbarum* angegeben hat, die wie Pycniden sich entwickeln durch Aufschwellung einer oder weniger benachbarter Zellen eines Mycelfadens und Theilung derselben vermittelst Scheidewänden nach verschiedenen Richtungen hin. Es kommt so zunächst ein parenchymatischer Körper als junge Peritheciumfrucht zu Stande, die niemals aussen von Hyphen umwachsen wird.

Den Beobachtungen, dass die Ascusfrüchte nur von einer oder von zwei besonders geformten Hyphen ihren Ursprung nehmen und im letzteren Fall unmittelbar in Ascogon und Hüllschläuche sich differenziren, stehen andere Untersuchungen gegenüber, welche als Primordien lediglich nur ein Aussprossen völlig gleichartiger und zahlreicher Mycelfäden ergeben haben, deren rein vegetative Hyphenelemente knäuelartig sich durcheinanderflechten. So ist nach van Tieghem[3]) der Fruchtanfang bei *Helvella-* und *Peziza*arten nur eine dichte, homogene Verzweigung, bei Anlage der Sclerotien von *Peziza Sclerotiorum* und beim Auswachsen der Becher aus denselben konnte Brefeld[4]) nichts von besonderen einzelnen Initialhyphen unterscheiden, ein ganzer Complex von solchen leitet vielmehr die Bildung ein und die Asci der parasitisch auf Pflanzen lebenden *Gymnoasceen* sind nur direkte Aussprossungen gewöhnlicher und gleichartiger Mycelzellen. Zopf[5]) giebt in einer Monographie über die Gattung *Chaetomium* an, dass die Anlage der Perithecien dieser Pilze einen besonderen, bisher unbekannten Typus darstelle, der her-

[1]) van Tieghem, Annal. des scienc. nat. Botanique VI. Sér. T. 2. 1875. Bull. de la soc. bot. de France. T. 23. 1876, T. 24. 1877.

[2]) H. Bauke, Bot. Ztg. 1877 No. 20.

[3]) van Tieghem, Bull. de la soc. bot. de France. T. 23. 1876.

[4]) O. Brefeld, Bot. Unters. über Schimmelpilze. Heft IV. Leipz. 1881.

[5]) W. Zopf, Zur Entwicklungsgeschichte der *Ascomyceten*. Nova Acta der Ksl. Leop. Carol. deutsch. Akad. d. Naturforscher. Band XLII. No. 5. 1881.

vorgehe aus „gleichartigen Adventivzweigen, die eine reiche, unregelmässige Verzweigung eingehen, sich unregelmässig durcheinanderkrümmen und zu einem rundlichen Gebilde verknäulen.“ Die frühe Differenzirung bei *Chaetomium* in ein schraubiges Ascogon und in Hüllhyphen, wie sie van Tieghem gefunden hat, stellt Zopf mit vollster Entschiedenheit als irrthümlich in Abrede.

Es hat sich demnach, trotzdem unsere gegenwärtigen Kenntnisse über die erste Entwicklungsstufe der *Ascomyceten*früchte verhältnissmässig nicht zahlreiche Pilzarten umfassen, bei diesem Vorgang eine grosse Mannigfaltigkeit herausgestellt, die allerdings gar nicht überraschen kann, wenn man die Formenfülle der ganzen Klasse sich vor Augen hält. Es ist nicht möglich, auf Grund der heutigen Forschungsergebnisse, welche theilweise sogar mit einander in Widerspruch stehen, ein allseitig organisch zusammenhängendes Bild über den Gegenstand zu entwerfen.

Die Sexualität bei den *Ascomyceten*. Die Arbeiten, welche von den jüngsten Zuständen der Schlauchpilze handeln, gingen bis in die letzten Jahre von dem Fundamentalsatz aus, dass die *Ascomyceten*frucht das Produkt eines geschlechtlichen Befruchtungsprozesses sei. Nach de Bary's Vorgang wurde das Primordium in ein weibliches Sexualorgan geschieden — Ascogon oder Carpogon genannt — und in ein männliches, das Pollinodium; man nahm an, dass die Befruchtung auf diosmotischem Wege vor sich gehe, manchmal auch durch Copulation. Die Sexualität der *Ascomyceten* erhielt eine weitere Stütze durch die Entdeckung von Stahl[1]), dass bei den *Collemaceen* ein schraubig gewundenes Ascogon mit Trichogyne vorhanden ist, welches in Folge seiner Verschmelzung mit Spermatien befruchtet wird.

Als aber van Tieghem und Brefeld bei Untersuchung von Anfangsstadien einiger *Ascomyceten*, wie oben erwähnt, nichts fanden als gleichmässige Hyphenaussprossung ohne jede erkennbare Differenzirung in Geschlechtselemente, wurde die Sexualität der Schlauchpilze überhaupt wieder in Frage gestellt.

Die Gegenwart eines Ascogons freilich kann bei jenen *Ascomyceten*früchten, deren Anlage sich deutlich vom Mycelium unterscheidet, nicht zweifelhaft sein. Auch ist der continuirliche Zusammenhang des Ascogons mit den Sporenschläuchen, das Herauswachsen der letzteren aus dem Ascogon vielfach, zuerst von Janczewski[2])

---

[1]) E. Stahl, Beiträge zur Entwickl. der Flechten. Heft I. Leipz. 1877.

[2]) Bot. Ztg. Jahrg. 1871. No. 17 und 18.

bei *Ascobolus furfuraceus*, nachgewiesen worden. Der Nachweis des Pollinodiums aber, des männlichen Befruchtungsorgans, zeigt sich stets mit weit grösseren Schwierigkeiten verknüpft. Bald haben die Untersuchungen das gänzliche Fehlen desselben in der Fruchtanlage herausgestellt, bald keine hinreichenden Unterschiede vom Ascogon oder von den umgebenden oder die vegetativen Theile der Fruchtkörper aufbauenden Mycelhyphen.

Und trotz alledem ist es im Hinblick auf schon bekannte Thatsachen wohl nicht zu umgehen, die Sexualität der *Ascomyceten* festzuhalten [1]). Wenn sie auch, soweit wir wenigstens heute wissen, bei einigen Gruppen der Schlauchpilze nur unvollkommen ausgebildet, bei andern gar nicht vorhanden zu sein scheint, so lassen doch die Beobachtungen an *Collema*, die Erscheinungen bei Anlage vieler *Discomyceten*, besonders der *Peziza confluens*, das Vorkommen geschlechtlicher Einwirkung behufs Bildung der Früchte wenigstens bei diesen Pilzen nicht von der Hand weisen und die folgenden Untersuchungen werden einen neuen Fall einfachster Befruchtungsart den *Ascomyceten* hinzufügen.

Morphologische Variationen beim Aufbau der Fruchtkörperanlagen. Doch abgesehen von der dunklen Sexualitätsfrage, kommt es mir in vorliegender Arbeit wesentlich an auf die Formgestaltung im ersten Entwicklungsstadium der schlauchführenden Pilze. Aus der Literatur ist ersichtlich, dass die Angaben über das Aussehen der jüngsten Fruchtzustände bei ein- und der nämlichen Pilzgattung nicht immer gleichartig lauten: die eine *Peziza* legt den Grund zu ihrer Scheibe mit wohl ausgebildetem Scolecit, die andere mit Antheridium und Ascogonium nebst Befruchtungsschlauch und die dritte mit nichts weiter als gleichmässiger Hyphenaussprossung. Ebensolche Sprossung bedingt nach Zopf den Beginn des Peritheciums von *Chaetomium*, während van Tieghem dieser Gattung ein sehr deutliches Carpogon zuschreibt. Bei *Sordaria* fand Woronin als Primärzustand der Frucht zwei Hyphen, deren eine von blasiger Gestalt, nach Gilkenet ist nur eine einzige von schraubiger Krümmung dabei betheiligt. Diese Schwankungen sind auffallend und es fragt sich doch, ob der Grund für solche Widersprüche, wie es in den beiden letzten Fällen ausgesprochen wurde, nur in blossen Beobachtungsfehlern von einer Seite zu suchen sei.

---

[1]) Vgl. A. Borzi, Studii sulla sessualità degli Ascomyceti. Nuovo gior. bot. ital. Vol. X. No. 1. 1878. Ferner die Arbeit von O. Kihlman l. c. sowie die Auseinandersetzungen von de Bary in seinen Beiträgen 4. Reihe 1881 und Brefeld in „Schimmelpilze“ 4. Heft 1881.

Ich habe mich bei einigen *Ascomyceten* davon überzeugt, dass nicht einmal in der nämlichen Species der Fruchtanfang immer constant dieselbe Gestaltung beibehält.

Zur Begründung dieses Satzes werde ich sogleich einige Beispiele folgen lassen und verweise zuvördert auf das in meiner Arbeit: „Beitrag zur Kenntniss der *Gymnoasceen*“ über Entstehung der Fruchtanlagen von *Gymnoascus Reessii*[1]) Gesagte. Die Sclerotialanfänge der *Peziza Fuckeliana* fand ich auf zwei verschiedene Weisen vor sich gehen[2]); daraufhin wurden die Sclerotien kurz als „echte“ und „sterile“ von mir bezeichnet.

Ich wende mich nun zur Darstellung der Beobachtungen, welche ich bei *Chaetomium* und zwar hauptsächlich bei *Chaetomium Kunzianum* über die jüngsten Perithecienanlagen gemacht habe. Diese Beobachtungen reichen zum Theil noch in die Jahre 1875 und 1876 zurück und ich bespreche sie hier nur desshalb ausführlicher, weil sie zur Discussion der Frage über die Variabilität der Formgestaltung bei den Fruchtanfängen einer Anzahl von *Ascomyceten* mit beitragen dürften. Ausserdem konnte ich den von Zopf[3]) als „besonderen Entwicklungstypus“ der Sprossung bezeichneten Modus bei Anlage von *Chaetomium*früchten nicht in der vom Autor angegebenen Weise bemerken, wohl aber die von van Tieghem[4]) beschriebene ausgeprägte Differenzirung in Gestalt eines deutlichen Carpogoniums. Bei Durchsicht der Zopf'schen Schrift erhält man den Eindruck, das Carpogon van Tieghems bei *Chaetomium* sei vollständig aus der Luft gegriffen; ich habe daher auf Tafel XX. Fig. 2—6 die von mir gesehenen primordialen Entwicklungszustände der Perithecien von *Chaetomium Kunzeanum* zur Abbildung gebracht.

Anlage des Perithecium von Chaetomium Kunzianum Zopf.

Die Cultur der Ascosporen des Pilzes begann ich durch Aussaat in Mist- und Pflaumenabkochung auf dem Objektträger; sie wurde durch Anwendung einer etwas höheren Temperatur bis zu 25° C. im Wärmkasten beschleunigt. Die jungen Keimlinge vertheilte ich mittelst Uebertragung in neue Nährtropfen und nach 6 Tagen war das entstandene Mycel gross genug, um seine Fruktifikation zu beginnen. Ich beobachtete die Ausbildung von zweierlei Elementen:

1) S. diese Beiträge Band 3. Heft 3. pag. 271.

2) Jahresbericht der schles. Ges. f. vaterl. Cultur pro 1877. Bot. Sektion pag. 151 und 153.

3) l. c. 4) l. c.

der von Zopf auf seiner Tafel 1 dargestellten feinen verästelten und relativ kurzen Hyphenaussprossungen und zweitens der Carpogonien. Die letzteren pflegten schon an jungen Mycelien im Durchmesser von kaum 1 Ctm. aufzutreten und zwar zuerst vollständig isolirt, Taf. XX. Fig. 2; späterhin erschienen an zahlreichen Stellen des Myceliums sowohl die feinen Hyphen als die Carpogonien zusammen und auch letztere begannen an ihren Basaltheilen in dünne Hyphen auszuwachsen, Taf. XX. Fig. 3—5. Häufig sprossten aber auch obige feine Hyphen wie anfangs die Carpogonien ganz allein für sich aus dem Mycel hervor, mehr oder weniger reichlich, oft in dichtem Gewirre und in vollster Gleichartigkeit, ohne dass in ihrer unmittelbaren Nähe ein Carpogon sichtbar geworden wäre. Solche Zustände hat Zopf zahlreich abgebildet.

Es ist nun sehr bemerkenswerth, dass die Carpogone Veränderungen in ihrer Gestalt annahmen, und zwar im Allgemeinen je nachdem ihr Entstehen früher oder später erfolgt war; die ersten zeigten sich am vollkommensten ausgebildet und waren lang gestielt, Taf. XX. Fig. 2 und 3, fig. 5a; am Stiel sass in gerader Richtung oder im Winkel zu demselben eine dicht zusammengerollte Schraube mit 3 bis 4 Windungen, von Plasma strotzend und schon im sehr jungen Zustand in Zellen getheilt, deren Scheidewände ganz deutlich sichtbar waren. Die Dimension des ebenfalls septirten Stiels gleicht der des Mycelfadens, von welchem er entspringt oder übertrifft dieselbe, Taf. XX. Fig. 2; die Form der Schraube ist je nach Zahl und Weitläufigkeit ihrer Windungen bald kurz gedrängt und rundlich, bald verlängert und conisch zulaufend, die letzten Windungen verjüngen sich etwas, sie sind, entgegen der Schraube bei *Eurotium,* meist sehr unregelmässig durcheinandergeschoben, Taf. XX. Fig. 2. Sämmtliche Theile der Schraube schliessen aber eng zusammen, sie lassen einen Hohlraum im Innern nicht aufkommen.

Am Stiel der Carpogone sowie an den unteren Theilen der Schraube selbst beginnt nun das Aussprossen feiner Hyphen, Taf. XX. Fig. 3—5, welche anfangs ohne bestimmte Richtung zumeist vom Carpogon abwachsen; einige legen sich jedoch dicht an, kriechen auf der Anlage herum und verzweigen sich auf deren Oberfläche; diese Hyphen, welche zuerst von geringem Durchmesser sind, haben jedenfalls die Bestimmung zur Herstellung der Peritheciumwand, einige vielleicht zur Rhizoidenbildung. Bei kümmerlich ernährten Perithecien unterbleibt aber wohl auch die seitliche Aussprossung der Carpogone und die äussersten Zellen derselben constituiren dann nur eine ganz rudimentäre Perithecienwandung. Das Aussprossen

der Hyphen geht Hand in Hand mit der Vergrösserung des Carpogoniums, die Windungen desselben werden immer zahlreicher, schieben sich ineinander und theilen sich in zahlreiche Zellen, doch kann man noch immer deutlich auch an solchen grösseren Exemplaren den ursprünglich schraubigen Verlauf der Anlage unterscheiden. Einzelne oberflächliche Zellen des Gebildes fangen bereits an, in die für die Gattung *Chaetomium* charakteristischen Haare auszuwachsen, Taf. XX. Fig. 6, und im Innern der jungen Peritheciumfrucht erfolgen dann die von Zopf beschriebenen mit dem Heranreifen verknüpften Umwandlungen. Bis zu dem Augenblick, wo die Carpogone durch Auswachsen einzelner ihrer Basalzellen die Bildung der Peritheciumwand einleiten, kann man die Vorgänge an den Anlagen ganz genau übersehen, dann aber vergrössern sich letztere mit äusserster Schnelligkeit und es wird schwierig, ihrem weiteren Verhalten zu folgen. Solche rasche Vergrösserung kräftig ernährter jüngster Fruchtzustände ist bei den *Ascomyceten* ganz allgemein; bei *Chaetomium* jedoch treten noch einige die Untersuchung erschwerende Umstände hinzu.

Rings um die Carpogone nämlich findet, wie schon oben erwähnt wurde, ein ausserordentlich reichliches Aussprossen feinster Hyphen statt, Taf. XX. Fig. 5; dieselben krümmen sich und theilen sich nach allen Richtungen, sie anastomosiren später vielfach, um schliesslich ein förmliches compaktes Polster zu bilden, in dem die Carpogone eingebettet liegen. Dieses Hyphenpolster dient offenbar dazu, die Fruchtanfänge mit reichlicher Nahrung zu versehen, nebenbei wohl auch, um eine schützende Hülle für die zarten Gebilde zu liefern. Solche Hyphenpolster zeigen bald nur geringe, bald sehr bedeutende Ausdehnung und wir finden in ihrem Bereich bald nur wenige, bald zahlreiche Carpogone; zwischen die schon vorhandenen werden bei hinreichender Nahrung noch fortwährend neue eingeschoben, so dass sie schliesslich eng gedrängt eines neben dem andern sich befinden.

Nur die zuerst am Mycel entstandenen Carpogone besitzen die volle beschriebene Ausbildung, die späteren dagegen verkürzen meist ihren Stiel und die letzten verlieren ihn endlich ganz, sie sind sitzend, so wie sie van Tieghem gesehen hat, Taf. XX. Fig. 4 und 5 b. c. Dabei verringern sich die Windungen der Schraube, ihre Hyphen werden endlich nicht selten dünn und verschoben, so dass man in der That schliessen könnte, die undeutlich gewordene Anlage sei nur eine unregelmässige Verknäuelung rein vegetativer Hyphensprosse. Auf natürlichem Nährboden, wo sich *Chaetomium* spontan ansiedelt,

scheint sich die Sache nicht anders zu verhalten: auch hier fand ich auf verschiedenen Substraten junge Fruchtzustände, offenbar aus gestielten vollkommenen Schrauben hervorgegangen und andere aus kleinen Zellen zusammengesetzt, bei welchen ohne Zweifel obige Formänderung Platz gegriffen hatte.

So machen also die Primordien der *Chaetomium*-Perithecien eine vollkommene Rückbildung und Vereinfachung durch: vom wohlausgebildeten Carpogon in Form einer Schraube und mit vielleicht sexueller Bedeutung bis zum dünnen unregelmässig zusammengelegten Faden, der vom Mycelium nicht mehr zu unterscheiden ist. Ob die Ursache dieser Rückbildung nur in Nahrungsverhältnissen oder in sonstigen unbekannten Bedingungen zu suchen ist, konnte ich nicht ermitteln, ebensowenig, ob stets, wie es in meinen Culturen der Fall war, nur allein die zuerst erwachsenen Perithecien aus gestielt-schraubigen Carpogonien hervorgehen. Das Wesentliche ist, dass ich entgegen dem Zopf'schen Ausspruch die von van Tieghem gemachten ziemlich ausführlichen Angaben über das Vorkommen von Carpogonien bei den *Chaetomium*arten als richtig bestätigen kann, dass sie jedoch wie angegeben, nicht immer gleich deutlich auftreten.

Die einfachen Conidienbildungen, welche Zopf bei *Chaetomium* beschrieben hat, sind, wie ich ebenfalls fand, eine Folge schlechter Culturverhältnisse; sie kommen massenhaft zum Vorschein, wenn man die Objektträger mit den Nährtropfen in zu feuchtem Raum aufstellt und dann gelangen auch die Mycelien gar nicht oder kaum zu kümmerlicher Perithecienbildung. Dagegen sind mir in den oben beschriebenen Culturen mit zahlreichen Fruchtkörperanlagen die Conidien vollständig ausgeblieben.

Werfen wir schliesslich noch einen Blick auf die Zopf'schen Tafeln, so hat derselbe auf Tafel 1. Fig. 6 und 7 offenbar vereinfachte Carpogone abgebildet und das kleine Perithecium auf Tafel 3. Fig. 29 zeigt deutlich, dass es aus einem schraubigen Carpogonium hervorgegangen ist. In Folge des Umstandes jedoch, dass Zopf die Carpogonien bei *Chaetomium* als nicht vorhanden bezeichnet, ist er genöthigt, auf Tafel 1 in Fig. 18—22 bei seiner Darstellung von der Fruchtanlage bis zum Perithecium grosse Sprünge zu machen, so dass besonders in Fig. 20 das Hyphenpolster und in Fig. 21 und 22 das bereits fertige Perithecium ganz ohne Vermittlung dastehen.

Im Folgenden gehe ich über zur Beschreibung einiger *Ascomyceten*, deren Entwicklungsgeschichte sehr interessante Einzelheiten ergeben hat. Sie sind ein neues Beispiel für die unerschöpfliche Gestaltungsfähigkeit, welche im Reich der Pilze vorherrscht und in Rücksicht auf die Frage nach der Formenvariabilität an den Primordialanlagen bei den *Ascomyceten* werden sie meine Vermuthung weiter bestätigen, dass die Fruchtanlagen zwar bei vielen Arten aus der Klasse sich als formbeständig erweisen dürften, dass sie jedoch bei andern Arten unter besonderen Verhältnissen, wobei wohl die Ernährungsfrage eine Hauptrolle spielt, mehr oder weniger umgestaltenden Modificationen unterworfen sind. Ich habe die nachstehend beschriebenen Pilze bei verschiedenen Gelegenheiten im Pflanzenphysiologischen Institut der Universität Breslau aufgefunden und daselbst mit Hülfe zahlreicher künstlicher Züchtungen ihre Untersuchung ausgeführt.

II.

Eremascus albus nov. gen. et spec.

(Taf. XIX. Fig. 1 bis 25 und Taf. XX. Fig. 1.)

Vorkommen und Reincultur. Im Dezbr. 1881 öffnete ich eine kaum noch zu $\frac{1}{3}$ gefüllte Flasche mit Malzextrakt, um mir zum Zweck anderweitiger Pilzculturen eine Nährlösung daraus herzustellen. Ich fand das Extrakt verdorben und die Oberfläche desselben mit einer dicken verschieden gefärbten Schimmelhaut überzogen. Letztere bestand hauptsächlich aus Conidienträgern und Perithecien von *Eurotium Aspergillus glaucus*, dazwischen wucherte auch *Asperg. flavus*, ein *Dematium* sprosste üppig und die Sporen einiger anderer Schimmelpilze lagen zahlreich umher. Auf der verschimmelten Fläche befanden sich jedoch mehrere verhältnissmässig reinere und schneeweisse Stellen, deren mikroskopische Untersuchung die Gegenwart eines sehr merkwürdigen *Ascomyceten* herausstellte. Ich bemerkte nämlich in dem Präparat einige schön ausgebildete kugelrunde Sporenschläuche, mit je acht derbwandigen Sporen angefüllt; jeden Sporenschlauch fand ich von zwei Hyphen getragen, die in regelmässigen schraubigen Windungen sich umeinander drehten. Sie standen selbst wieder mit einem septirten farblosen Mycel in Verbindung, an welchem sich auch junge Anlagen des Pilzes befanden. Von einem Perithecium oder von einer sonstigen Umhüllung der Asci war keine Spur zu sehen, sie fanden sich vielmehr sämmtlich vollkommen nackt und nur mit ihren schraubigen Tragfäden direkt dem Mycelium aufsitzend.

Es galt nun, diese Asci, deren Sporen durch Auflösung der Ascusmembran bereits vielfach frei geworden waren, zu isoliren, um wo möglich aus ihnen den Pilz rein auf dem Objektträger in durchsichtiger Nährlösung heranziehen zu können. Bei dem spärlichen Material und bei der grossen Verunreinigung desselben war dies gerade keine sehr leichte Aufgabe.

Als Nährflüssigkeit wählte ich filtrirte Pflaumenabkochung und die Isolirung wurde dadurch erreicht, dass ich den Nährtropfen auf eine sehr grosse Fläche dünn ausbreitete, so dass jedes eingesäte kleine Partikelchen möglichst für sich zu liegen kam. Unter dem Präparirmikroskop erkannte ich, dass die Asci und Ascosporen beim Einbringen in Wasser durch anhaftende Schleimtheilchen leicht an einander klebten, so dass sie beim Uebertragen in neue Tropfen nicht wohl mit andern Sporen zu verwechseln waren. Nach ein bis zwei Tagen vom Beginn der Aussaat an begann die Keimung der Ascosporen, worauf die jungen Keimlinge sofort wieder weiter in neue Tropfen gebracht wurden. Durch öftere Uebertragung erhielt ich nun die noch locker aneinander klebenden Keimlinge völlig rein und frei von fremden Organismen und nachdem sie die richtige Grösse erlangt hatten, konnte ich sie mit der Nadel ohne Beschädigung von einander trennen. Nach einer letzten Uebertragung besass ich hierauf zahlreiche Objektträgerculturen, deren jede nur einen einzigen Keimling enthielt, welcher ungestört zum Auswachsen gelangen konnte. Die Entwickelung des Pilzes geschah in folgender Weise.

Sporenkeimung und Mycelbildung. Die Sporen sind nahezu kugelrund, glatt, farblos oder höchstens im reifen Zustand mit einem ganz schwachen Stich ins Gelbliche, sie besitzen deutliche doppelte Contouren, Taf. XIX. Fig. 20. Ihre Grösse beträgt 5,2—5,5 Mikr. Vor der Keimung quellen sie nur sehr wenig und der Keimschlauch tritt hervor, indem er die äussere Sporenhaut an einer oder an zwei Stellen aus einander sprengt, Taf. XIX. Fig. 1a und b. Das weitere Verhalten des Keimschlauchs, seine Verzweigung, das Auftreten der Scheidewände entspricht der gewöhnlichen Art bei Mycelentfaltung von *Ascomyceten,* Taf. XIX. Fig. 2 und 3; das junge Mycel ist sehr fein, seine Fäden überall von gleichem Durchmesser, es schwimmt zunächst noch spinnwebeartig im Nährtropfen und es vergrössert sich bei gewöhnlicher Zimmertemperatur zwar nur langsam aber stetig. Anwendung höherer Temperaturgrade beschleunigte wohl die Entwickelung des Pilzes, begünstigt jedoch sehr die Verunreinigung der Nährlösung; ich verliess daher diese Art der Culturmethode.

Erst nach Ablauf von zwei Wochen erhielt ich Mycelflöckchen im Durchmesser von nicht viel über $\frac{1}{2}$ Ctm, die bei genügender Nahrung rings an ihrer Peripherie immer weiter wuchsen, so dass sie nach mehreren Wochen 1 Ctm. überschritten hatten und wahrscheinlich noch fortgewachsen wären, wenn ich nur immer weitere Nährlösung zugesetzt hätte. Mit dem Grösserwerden des Mycels treten einzelne Hyphen desselben über die Oberfläche des Tropfens als Luftmycel. Die Mycelfäden verdicken zwar mit dem Alter ihre Membran, dieselbe bleibt jedoch wie alle andern Theile des Pilzes stets farblos. Sobald die Culturflüssigkeit an Nährstoffen ärmer zu werden beginnt, steht das Längenwachsthum des Myceliums still, die Hyphen septiren sich kurz hintereinander und die Mycelzellen erfahren an vielen Stellen Aufschwellungen und Verbiegungen. Auf allen Seiten beginnt die Entstehung der Fortpflanzungsorgane, Taf. XIX. Fig. 4, welche aus der Flüssigkeit heraus an die Luft wachsen und bei schwacher Vergrösserung von oben betrachtet, als unzählige schwarze Blasen, Pünktchen und Fäden in mancherlei Gestalt und Grösse erscheinen Taf. XX. Fig. 1. In Wirklichkeit sind die Anlagen vollkommen farblos; das schwarze Aussehen unter dem Mikroskop bei durchfallendem Licht rührt von den zahlreichen Luft einschliessenden Wassertröpfchen her, mit welchen die Gebilde sich beschlagen.

Entstehung der Primordien. Copulation. Durch eine Scheidewand von einander abgegrenzte unmittelbar benachbarte Theile zweier Mycelzellen treiben je einen Ast hervor, der beiderseits vollkommen gleichgestaltet ist; aber schon im jüngsten Zustand berühren sich diese Aeste und schlingen sich aufs engste schraubig umeinander, Taf. XIX. Fig. 5, 6, 7. Beide Hyphen wachsen der Regel nach senkrecht vom Mycelium aus, sie besitzen beide nur ein gleichmässig begrenztes Längenwachsthum und nach Beendigung desselben lässt sich die entstandene Doppelschraube von ein bis zu vier Umläufen erkennen, Taf. XIX. Fig. 7 und 9. Die kürzeren dieser Anlagen sind in ihrem jüngsten Zustand von den Primordien der *Penicillium*-Sclerotien[1]) oder denen des *Gymnoascus uncinatus*[2]) nicht zu unterscheiden. In meinen künstlichen Culturen blieben die Anlagen stets viel kürzer als auf dem ursprünglichen trockenen Boden der verschimmelten Malzextraktoberfläche, welcher den natürlichen Lebensbedingungen des Pilzes besser entsprechen dürfte.

Die Anlagen werden grossentheils vereinzelt am Mycel gebildet,

---

[1]) Brefeld, Schimmelpilze. Heft 2. Taf. 3. Fig. 10.

[2]) S. diese Beiträge Band 3. Heft 2. Taf. 14. Fig. 34.

nicht selten aber entwickeln sich zwei, drei und vier Anlagen gleichzeitig wirtelständig auf derselben oder nahezu derselben Höhe des nämlichen Mycelastes, vgl. Taf. XIX. Fig. 9, 15, 16. Die oberen Enden der Schrauben sind stumpf abgerundet und unmittelbar mit einander in Berührung; unter den Anlagen auf dem Malzextrakt befanden sich aber gar nicht selten sehr üppige Bildungen, Taf. XIX. Fig. 9a, b und c, bei welchen der Endverlauf beider Schrauben auseinandertrat und dieselben zangenartig, nach oben verjüngt und ziemlich parallel neben einander hin verliefen.

Jede Anlage ist die Vorläuferin, das Primordium eines Ascus, welcher stets nur am Ende der Schraubenhyphen erzeugt wird. Die letzteren sind Anfangs nichts weiter als plasmareiche Ausstülpungen einer Mycelzelle, welche mit derselben noch in offener Communication stehen; ja dieselbe Mycelzelle kann an ihren beiden Enden je eine oder bei wirtelständigen Anlagen mehrere solcher Ausstülpungen hervortreiben, Taf. XIX. Fig. 9, ferner Fig. 15 und 16a. Bald aber, nachdem das Längenwachsthum vollendet ist, erhält jede der Schraubenhyphen eine Scheidewand und zwar in einem Fall ganz nahe der Basis, im andern verschieden hoch über derselben, Taf. XIX. Fig. 8, 10, 12a, 15a. Dadurch wird ein mehr oder minder langes Endstück von jeder Schraubenhyphe als selbstständige Zelle abgegliedert und zwar ist dieselbe an den beiden in gegenseitige Umrankung getretenen Schrauben von annähernd gleicher Länge, obwohl auch ausnahmsweise einmal die eine Zelle tiefer unten als die andere ihre Scheidewand bekommen kann, Taf. XIX. Fig. 14a.

Mit Abgliederung dieser beiden Zellen ist ein sehr wesentlicher Schritt in der Entwicklung vorwärts gethan und jede Schraubenhyphe in zwei physiologisch ungleichwerthige Elemente getrennt worden: die unteren Theile derselben übernehmen bloss noch die bescheidene Rolle von Trägern sowie die Plasmazufuhr, während die abgegliederten oberen Zellen Geschlechtszellen sind und direkt in die Ascusbildung eintreten.

Es geschieht dies durch den einfachsten Vorgang geschlechtlicher Befruchtung: die Zellen berühren sich an ihren Enden, zuerst an kleiner, dann immer breiterer Stelle und die trennenden Membranen werden vollständig resorbirt. Das Ergebniss ist die unmittelbare Vermischung des beiderseitigen Protoplasmainhalts, mit einem Wort, die Copulation Taf. XIX. Fig. 11, 12, 15b.

Bildung des Ascus; Reifen desselben; Keimung der neu erzeugten Ascosporen. Sofort wird der Erfolg dieser Copulation bemerkbar, denn an der Copulationsstelle bildet sich eine kug-

lige Auftreibung, Taf. XIX. Fig. 13, 14, 15b, die grösser und grösser heranwächst unter fortwährender Aufnahme feinkörnigen Plasmas, bis sie sich endlich als selbstständige Zelle, als junger Ascus, durch je eine Scheidewand von dem schraubigen Theil der ursprünglichen Anlage für sich abgliedert, Taf. XIX. Fig 15, 16c, dessen Aufgabe als Träger damit noch deutlicher hervortritt. Die Scheidewände des Ascus von seinen Trägern entstehen jedoch nicht immer so, dass ersterer sofort rein kuglige Gestalt annimmt, sondern öfters entstehen die Wände noch ein kleineres oder grösseres Stück unterhalb in den Trägerzellen Taf. XIX. Fig. 16d, und der Ascus rundet sich dann erst späterhin ab. Es ist natürlich, dass die Stellung der Asci am Mycel, entsprechend der Stellung ihrer Primordien, meist einzeln ist oder fast oder ganz wirtelständig zu zwei, drei oder höchstens vier rings um die Axe des Mycelfadens herum. Sämmtliche Asci aber sind morphologisch und physiologisch für sich isolirte Gebilde: jeder einzelne verdankt einer Copulation seine Entstehung und jeder besitzt für sich ein schraubig gedrehtes Trägerpaar, dessen dem Ascus anstossende Zellen nicht selten ihren Durchmesser sehr vergrössern, Taf. XIX., Fig. 15, 16e. Die oben erwähnten üppigen Anlagen auf dem Malzextrakt, deren schraubige Hyphen nach oben zangenartig auseinanderweichen, Taf. XIX., Fig. 9a, b, c, copuliren ebenfalls, wie ich mich überzeugte, in gewöhnlicher Weise durch Berührung an der Spitze und darauf erfolgende Verschmelzung und Anschwellung zum jungen Ascus.

Es dauert ziemlich lange Zeit, bis die Ascosporen innerhalb des Ascus angelegt werden. Hierbei trennt sich das Plasma der Kugel in acht trüb körnige durch lichtere Partien getrennte rundliche Portionen, Taf. XIX., Fig. 17, die sich immer schärfer begrenzen und vor der Reife acht Kugeln vorstellen mit stark glänzendem Kern und hyalinem Hof, Taf. XIX., Fig. 18, aus welchem späterhin die Membranen der Sporen gebildet werden, Taf. XIX., Fig. 19. Den Ascis hängt bis zur Reife das schraubige Trägerpaar an, dessen Hyphen ihren Inhalt verloren haben, während die Membran allmählich sich auflöst, um endlich am vollkommen gereiften Ascus mit keimfähigen Sporen völlig zu verschwinden, Taf. XIX., Fig. 20. Die Asci haben eine dünne, zarte Membran und einen Durchmesser von 12,5—13 Mikr., die gebildeten Ascosporen sind sofort keimfähig und nach deren Aussaat erfolgte der nämliche Entwicklungsgang, wie er eben beschrieben wurde. Der ganze Lebenslauf unseres Pilzes ist also ein sehr einfacher; er beginnt mit Ascis und Ascosporen und schliesst damit, ohne dass sich Conidien oder eine sonstige andere Fruktifi-

cation dabei einschaltet. Der Wachsthumsprocess geht zudem sehr langsam vor sich, denn von erfolgter Sporenkeimung an bis zur Vollendung neuer keimfähiger Sporen verläuft bei gewöhnlicher Zimmertemperatur ein Zeitraum von vier bis fünf Wochen. Uebrigens ist es ganz erstaunlich, in welch' ungeheurer Menge das aus einer einzigen Spore hervorgegangene Mycelium Sporenschläuche erzeugt.

Variationen in der Gestalt des Primordium. Abnormitäten. Ausser der bisher beschriebenen normalen Art von Ascus- und Sporenproduktion traten bei meinen Culturen in Nährlösung sowohl als auch auf dem natürlichen Nährboden zahlreiche Differenzen und Abnormitäten auf. Zunächst erwies sich in der Cultur das Primordium des Ascus nur wenig formbeständig: es erfuhr sehr häufige Verminderungen in der Zahl seiner schraubigen Umläufe, wie dies aus meinen Abbildungen sofort hervorgeht, ferner trat wohl auch das gänzliche Unterbleiben des Sichumwindens der beiden Anlagehyphen ein, Taf. XIX. Fig. 14, 15 f, 16; die letzteren wuchsen vielmehr dann gerade oder wenig gekrümmt in verschiedener Länge neben einander hin, um schliesslich aber doch in gewöhnlicher Weise die Copulationszellen durch Scheidewände abzutrennen; es erfolgte hierauf ganz regelmässig die Berührung, Verschmelzung und als Resultat der Copulation die Ausbildung eines typischen Sporenschlauches mit acht Ascosporen, Taf. XIX. Fig. 18. Die Trägerzellen solcher Asci zeigten sich stets bedeutend vergrössert.

Wieder in andern Fällen ereigneten sich jedoch plötzliche Stillstände im Entwicklungsgang. Da geschah es, dass trotz Anlage der Copulationszellen, trotz deren gegenseitiger Berührung die Resorption der trennenden Wand unterblieb, Taf. XIX. Fig. 21, 23 a, dass die beiden Zellen dann abnorm sich vergrösserten, oder dass trotz geschehener Copulation und Ausbildung der Ascuszelle von letzterer die Sporenbildung versäumt wurde. Sie erfüllte sich vielmehr mit wässrigem, vakuolenreichem Inhalt und schwoll zu einem grossen, unförmlichen Sack auf, dessen Membran schliesslich durch Entstehen von Rissen und Austreten der Flüssigkeit erheblich collabirte, Taf. XIX. Fig. 22, 23 b.

Bei der grossen Menge an einem Mycel gebildeter Sporenschläuche liess es sich nicht ermitteln, ob die zuletzt beschriebenen Abnormitäten nur Nachzügler betrafen und auf Erschöpfung des Myceliums zurückzuführen seien; sie müssen aber jedenfalls nur als Folgen eingetretener Störungen in den Ernährungsbedingungen angesehen werden.

Sehr interessant ist eine von mir wiederholt beobachtete aber

doch nur seltene und von der gewöhnlichen Entstehung ganz abweichende Art von Ascus- und Ascosporenbildung. In diesem Falle unterbleibt die Copulation völlig, die Asci sind nicht geschlechtlichen, sondern parthenogenetischen Ursprungs. Diese Entwicklung ist sehr einfach, Taf. XIX. Fig. 24. Man bemerkt einen langen septirten Hyphenast, dessen Zellen nach oben an Durchmesser zunehmen. Die Endzelle schwillt zu einer Kugel auf von der Grösse eines gewöhnlichen Ascus; ihr reichlicher Plasmavorrath erfährt die zur Ascosporenbildung nöthigen Umwandlungen; die Sporen entstehen zu acht und nach erfolgter Reife sind sie von den auf reguläre Weise gebildeten nicht zu unterscheiden, Taf. XIX. Fig. 24 sp. Die Erfüllung meines Wunsches freilich, dieselben rein zu gewinnen, um durch Aussaat festzustellen, in welcher Weise das aus ihnen entstehende Mycel sich verhält und seine Asci anlegt, lag bei der Kleinheit des Gegenstandes ausser dem Bereiche der Möglichkeit. Auch bei dieser Art von Sporenbildung, wo der Ascus also nur einem einzigen langen Tragfaden aufsitzt, tritt der abnorme Fall ein, dass die offenbar zum Ascus bestimmte Endzelle, Taf. XIX. Fig. 25 ganz colossal aufschwillt; ihr Inhalt zeigt sich in wässrige Flüssigkeit und sehr zahlreiche rundliche scharf contourirte Protoplasmakörper gesondert; dieselben gestalten sich aber nicht zu den echten Sporen, sie sind nur gleichsam ein Anlauf zur Sporenbildung.

Name, systematische Stellung und Verwandtschaft. Der beschriebene Pilz stellt eine *Gymnoascee* dar im vollsten Sinne des Wortes; er repräsentirt eine neue Gattung, welcher ich wegen der isolirten Lage und Stellung ihrer Asci den Namen *Eremascus* (von ἔρημος einsam) gegeben habe. Die Art selbst bezeichne ich wegen ihrer Farblosigkeit in allen vegetativen und reproductiven Theilen als *Eremascus albus.*

Zum Studium der Vorgänge an den jüngsten Fruchtanlagen von Schlauchpilzen bietet der *Eremascus* ein ausgezeichnetes Material dar. Hier wird nicht, wie bei andern *Ascomyceten* durch Hyphenansammlung verschiedener Art die Beobachtung erschwert, man kann vielmehr alle Veränderungen ohne Schwierigkeit klar verfolgen. Die Analogie der Formwandlungen an den Primordien von *Eremascus* mit jenen von mir bei *Chaetomium* beschriebenen ist unverkennbar, ebenso muss die Aehnlichkeit sofort in die Augen fallen, welche der Copulationsvorgang und die Stellung des Ascus auf Trägerzellen mit den Entwicklungen darbietet, wie sie bei der Zygosporenbildung von *Piptocephalis Freseniana* nach Brefeld[1]), von *Syncephalis cornu*

[1]) Schimmelpilze. I. Heft. Taf. 5 u. 6.

nach van Tieghem[1]) vorkommen. Die parthenogenetisch erzeugten Asci von *Eremascus* sind den bei *Sporodinia grandis* beobachteten *Azygosporen* vergleichbar. *Eremascus albus* stellt daher eine sehr merkwürdige und zur Zeit einzig dastehende Vermittlung her zwischen den *Mucorineen* und *Ascomyceten*; in ihm liegt zugleich der einfachste Typus eines solchen Schlauchpilzes vor, dessen Sporenschlauch das Produkt eines geschlechtlichen Vorgangs und zwar der Copulation ist. Der ganze Fruchtkörper zeigt sich aber hier auf einen einzigen nackten Ascus reducirt, der auf zwei schraubigen Traghyphen sich befindet.

Demgemäss lautet der Gattungscharakter von *Eremascus*:

„Asci einzeln und nackt; jeder Ascus von zwei schraubigen „Hyphen getragen. Andeutungen eines Peritheciums oder einer „Mycelhülle fehlen.

„Normale Anlage des Ascus durch zwei schraubig in mehreren „Windungen umeinander gedrehte Hyphen, deren Enden als Co- „pulationszellen abgegliedert werden. Nach der Copulation er- „folgt endständig eine Anschwellung, welche zum Ascus sich „entwickelt.

„Conidien oder andere Fortpflanzungsarten als durch Asci „sind bei *Eremascus* nicht vorhanden.

III.

Sterigmatocystis nidulans nov. spec.

(Taf. XX. Fig. 7—17. Taf. XXI. XXII.)

Zur Systematik der Aspergilleen. Bevor ich die Entwicklungsgeschichte des eben genannten Pilzes beginne, dürften einige allgemeinere Bemerkungen über die *Aspergilleen*, das heisst über die Gattungen *Sterigmatocystis, Aspergillus* und *Eurotium,* nicht wohl zu umgehen sein.

Die Gattung *Sterigmatocystis* ist bekanntlich von Cramer[2]) aufgestellt worden. Den Hauptcharakter legte derselbe in die Verzweigung, welche von Seite der dem Kopf des Conidienträgers entspringenden Basidien ausgeht. Van Tieghem[3]), welcher zuletzt in das Genus gehörige Pilze untersucht hat, nennt *Sterigmatocystis* einen *Aspergillus* zweiten Grades, mit dickerem Kopf, mit stärkerem

---

1) Annal. des sc. nat. Bot. VI. Sér. T. 1. Pl. 3.

2) C. Cramer, Ueber eine neue Fadenpilzgattung *Sterigmatocystis*. Naturf. Ges. in Zürich 1859 und 1860.

3) I. Bull. de la soc. bot. de France. T. 24. 1877. pag. 101. II. ebendas. pag. 206.

Träger und mit zwei Sterigmenlagen. Derselbe fügte den bereits bekannten Arten noch eine Anzahl neuer hinzu, welche er hauptsächlich nach der Sporenfarbe, oder richtiger wohl nach der durch die Sporen hervorgebrachten Farbe der Pilzrasen unterscheidet. Van Tieghem giebt auch an, dass er bei *Sterigmatocystis nigra* und *St. purpurea* nicht blos die Propagationsform der Conidienträger, sondern auch die Bildung von Fruchtkörpern, welche zuerst Sclerotien seien, beobachtet habe. Aus der ersten Publikation dieses Forschers ist nicht klar ersichtlich, ob seine Beschreibung über die Entstehung der Sclerotien sich auf beide Species gleichmässig bezieht oder nur auf eine derselben, in der zweiten Arbeit wird berichtet, dass sich die Angabe nur auf *Sterigmatocystis purpurea* zu beziehen habe. Hier geht nach van Tieghem der anfangs sclerotiumartige Fruchtkörper ähnlich wie das Perithecium von *Eurotium* aus einem Carpogon hervor, welches sich unmittelbar in eine Hülle, in ein markiges Füllgewebe und in ascogene Zweige differenzirt; letztere entwickeln nach einer Ruheperiode scheibenförmige Ascosporen. Die van Tieghem'schen Mittheilungen bestehen leider im vorliegenden Fall nur in kurzen, abgerissenen Berichten und lassen viele Lücken übrig; sie gehen rasch über den näheren Entwicklungsgang der angeführten Pilze hinweg.

Daher sind unsere gegenwärtigen Kenntnisse von dem Lebenslauf der *Sterigmatocystis*arten, besonders die Frage nach deren Fruchtkörpern, noch durchaus mangelhaft und neuer Untersuchungen bedürftig.

Wilhelm[1]) in seiner Dissertation legt auf das Cramer'sche Merkmal von *Sterigmatocystis*, die Verzweigung der Basidien, weniger Werth, insofern als er beide Gattungen *Sterigmatocystis* und *Aspergillus* wieder in die eine *Aspergillus* zusammenbringt, welche nach ihm zwei Sektionen enthält: 1. Conidienträger mit einfachen Basidien, 2. solche mit verzweigten. Wilhelm bezeichnet übrigens die auf dem *Aspergillus*köpfchen stehenden Basidien sammt deren Züspitzung, welche unmittelbar die Spore trägt, zusammen als Sterigma und schlägt für die Cramer'schen Basidien mit ihren Sterigmaten den Namen „verzweigte Sterigmen“ vor. Ich werde mich dieser Nomenclatur in der Folge anschliessen.

Die Wilhelm'sche Gattung *Aspergillus* unterscheidet sich von der Gattung *Eurotium* hauptsächlich dadurch, dass die Arten der-

---

[1]) A. Wilhelm, Beitr. zur Kenntniss der Pilzgattung *Aspergillus*. In. Diss. 1877.

selben Sclerotienbildung eingehen, während *Eurotium* zarte Perithecien erzeugt mit continuirlicher Entwicklungsweise. Freilich sind von verschiedenen *Aspergillus*species Sclerotien bis jetzt noch unbekannt geblieben, dagegen hat sie Wilhelm bei *Aspergillus flavus,* ferner *Aspergillus* (resp. Sterigmatocystis) *niger* und *ochraceus* beobachtet. Bei letzterer Art beruht ihre Bildung „einzig und allein auf der Verflechtung und nachträglichen Verwachsung morphologisch vollkommen gleichwerthiger Fadenelemente.“ Nach Brefeld[1]) ist bei Anlage der Sclerotien des *Aspergillus (Sterigmatocystis) niger* eine Differenzirung von Initialfäden in Hüllschläuche und in ascogene Sprosse nicht zu unterscheiden. Weder Wilhelm noch Brefeld wollte es glücken, aus den *Aspergillus*-Sclerotien Asci und Ascosporen heranzuziehen.

Meine eigenen an einer grossen Zahl von *Aspergillus*- und *Sterigmatocystis*-Arten ausgeführten Untersuchungen veranlassen mich, die Einfachheit des Sterigmas (das Wort im Wilhelm'schen Sinn genommen) gegenüber der Verzweigung desselben, derart, dass dasselbe endständig eine kleinere oder grössere Zahl secundärer Sterigmen trägt, an den normalen ausgewachsenen Conidienträgern vieler hierher gehöriger Pilze als constantes und gutes Unterscheidungsmerkmal anzunehmen. Niemals wird man z. B. bei *Aspergillus fumigatus* Fres. die Sterigmen verzweigt finden, niemals wird man an vollkommenen Conidienträgern der am längsten bekannten *Sterigmatocystis*art, *St. antacustica* Cramer (syn. *St. nigra* van Tiegh.) oder an der von mir unten zu beschreibenden *St. nidulans* die Verzweigung der Sterigmen vermissen. In der Regel ist es leicht, ohne besondere Präparation unter dem Mikroskop zu entscheiden, ob man einen mit einfachen oder mit verzweigten Sterigmen versehenen Conidienträger vor sich habe. Im letzteren Fall sieht man, wie es Cramer in seiner Fig. 6 abbildet, um das centrale Köpfchen einen Ring primärer, um diesen einen solchen von secundären Sterigmen, die endlich allseitig von der Sporenmasse bedeckt sind. Die Verzweigung am einzelnen Sterigma blosszulegen, ist bei üppigen Exemplaren allerdings oft ziemlich schwierig; es gelingt aber vollkommen, wenn man durch Schnitte oder ganz einfach durch sanftes Hin- und Herschieben des Deckgläschens die Sterigmen loslöst und isolirt.

Die botanisch-medicinischen Untersuchungen der Neuzeit über pathogene Wirkungen gewisser Schimmelpilze, deren Sporen, sobald

---

[1]) Schimmelpilze H. 4 pag. 134.

sie in die Blutbahn des thierischen Körpers gelangen, daselbst auszuwachsen vermögen, haben das Interesse für *Aspergillus* und Verwandte, um welche es sich dabei mit hauptsächlich handelt, ganz besonders in den Vordergrund gerückt[1]). Soviel aber hat sich bei der Cultur pathogener *Aspergilleen* herausgestellt, dass eine grössere Anzahl von Arten oder Varietäten zu existiren scheint, als es bisher angenommen wurde. Dieselben weichen durch ihre Farbe, durch die Form und Grösse der Sporen von einander ab, ebenso durch den Bau ihrer Conidienträger, deren Sterigmen öfters verzweigt sind. Ascusfrüchte oder andere Vermehrungsweisen kennt man bei diesen Pilzen nicht, einige Sclerotien ausgenommen, deren Weiterentwicklung aber nicht gelungen ist. Wo Asci vorkommen und später noch entdeckt werden, da dürften sich wohl mancherlei Verschiedenheiten besonders an den Fruchtkörpern herausstellen.

Ich halte es daher für zweckmässig, das alte Formgenus *Sterigmatocystis* auch jetzt noch beizubehalten und stelle den Pilz, zu dessen Beschreibung ich übergehe, in dasselbe; dessen Ascusfrucht gleicht weder derjenigen von *Eurotium* noch den bei *Aspergillus* bisher bekannt gewordenen Sclerotien und seine Conidienträger besitzen ausgesprochen verzweigte Sterigmen.

Vorkommen. Cultur in künstlichen Nährflüssigkeiten. Die *Sterigmatocystis nidulans* war Anfangs Mai auf Nestern von Hummeln, welche ich im Breslauer botanischen Garten gesammelt hatte, in sehr kräftiger Vegetation aufgetreten. Sie bildete zusammenhängende Rasen von zuerst chromgrüner, mit zunehmendem Alter schmutzig grüner Farbe. Gegen den Herbst gelangten die Sporen in einen mit ausgekochter Cohn'scher Bakteriennährlösung[2]) halb gefüllten grossen Glaskolben, woselbst sie drei zunächst farblose Mycelflocken entwickelten, die an der Oberfläche der Flüssigkeit sich festsetzten und daselbst massenhaft Conidienträger austrieben. Jede Mycelflocke wuchs rasch heran und zeigte dann eine obere gewölbte mit vielen rundlichen Erhabenheiten versehene, von den massenhaft abgefallenen Sporen bedeckte und von ihnen grün gefärbte kreisrunde Fläche mit concentrischem Wachsthum, welches an der Peripherie langsam weiterschritt. Von dieser auf der Nährlösung schwimmenden Fläche ragte das Mycel nach unten verjüngt in dichter farbloser und mit zahl-

---

[1]) Mittheilungen des Kaiserl. Gesundheits-Amtes. Bd. I. Berlin 1881. R. Koch, Berl. klin. Wochenschrift. 1881. No. 52.
F. Siebenmann, die Fadenpilze *Asp. flav. niger* und *fumig.* und ihre Beziehung zur *Otomycosis aspergillina.* Mit 3 Taf. Wiesbaden 1883.

[2]) Vgl. diese Beiträge Band I. Heft 3. pag. 210.

reich ausgeschiedenen Krystallen durchsetzter flottirender Masse schliesslich an sechs Centimeter tief hinein in die Flüssigkeit, bis es den Grund des Kolbens erreicht hatte, Taf. XX. Fig. 7. Die oberflächliche Ausbreitung betrug etwa 4 Centimeter und in diesem Zustande war auch daselbst bereits reichliche Fruchtkörperbildung eingetreten.

Es wurden zahlreiche Neuculturen mit dem Pilze angestellt: theils durch Aussaat der Sporen in Nährtropfen auf den Objektträger, theils in grössere Mengen sterilisirter Flüssigkeit, welche sich in Bechergläsern und Kolben befand. Sowohl für die Massen- als für die Objektträgerculturen dienten Mistdecoct und die Cohn'sche Bakteriennährlösung.

Keimung der Conidiensporen. Wachsthum des Pilzes bei hohen Temperaturgraden. Die Conidien der *Sterigmatocystis nidulans* sind im Allgemeinen kugelrund, Taf. XX. Fig. 8a; wo dieselben noch in Ketten zusammenhängen, platten sich die mittleren vereinzelt wohl etwas ab, und die obersten in der Kette zeigen sich öfters ein wenig verlängert; die Aussenhaut der Sporen ist äusserst fein punktirt, bleibt aber bei künstlicher Cultur auch ganz glatt; unter dem Mikroskop gesehen, zeigen sie sich schwach gelblichgrün gefärbt. Ihr Durchmesser beträgt im Mittel 3 Mikr. Die Keimung bietet nichts Auffallendes: das Exosporium wird nach geringer Quellung gesprengt und der heraustretende Keimschlauch verlängert, verzweigt und septirt sich zu einem farblosen Mycelium Taf. XX. Fig. 8b, d. und Fig. 9. Das Mycel kann, wie schon erwähnt, eine sehr beträchtliche Ausdehnung erreichen; erst im Alter bräunen sich einzelne Hyphen, verschleimen und Anastomosen sind dann keine Seltenheit.

Das Wachsthum des Pilzes findet sowohl bei gewöhnlicher Zimmertemperatur als bei hohen Wärmegraden statt; ja letztere sind seinem Gedeihen äusserst förderlich und ich habe die Sporen, frisch gebildete sowohl als bis 18 Monate alte getrocknete, bei 38—42° C. schon nach 20—24 Stunden zur Mycelentfaltung und Bildung von Conidienträgern gebracht. Auch wächst und fruktificirt bei 40° C. das Mycel rasch und üppig weiter, so dass ich versuchsweise das Aufkochen der Cohn'schen Nährlösung behufs Sterilisirung derselben vor der Aussaat unterlassen konnte, weil dann *Bacterium Termo,* welches in dieser Flüssigkeit fast stets vorhanden ist, nicht mehr dem Gedeihen des Pilzes hinderlich wird, sondern in Wärmestarre verfällt. Ich hatte also hier die nämliche Erscheinung, welche bei meinen Versuchen über den Einfluss der Temperatur auf *Bacterium Termo* so auffallend hervorgetreten war: wie damals blieb über 40° C. die

Flüssigkeit klar, aber an Stelle des Bakterium gedieh noch üppig ein Schimmelpilz[1]).

Die Untersuchungen von Koch und Gaffky im Kaiserl. Reichsgesundheitsamt sowie diejenigen von Professor Lichtheim haben dargethan, dass verschiedene *Mucor*- und *Aspergillus*arten (resp. auch *Sterigmatocystis*arten) die Eigenthümlichkeit besitzen, bei Temperaturen von 40° C. und darüber ganz vortrefflich zu gedeihen. Diese Schimmelarten erwiesen sich sämmtlich als pathogene und ihre pathogene Wirkung beruht eben mit darauf, dass die Blutwärme deren Vegetation zu Hülfe kommt. Nach dem von mir beschriebenen Verhalten der Sporen von *Sterigmatocystis nidulans* in der Wärme dürfte mit grosser Wahrscheinlichkeit anzunehmen sein, dass dieser Pilz die Reihe der bis jetzt bekannten pathogenen Schimmelpilze um eine Art vermehren wird.

Versuche über die pathogene Wirkungsweise der Sterigmatocystis nidulans.

Zur Zeit, als ich das Manuskript für vorliegende Arbeit bereits abgeschlossen hatte, fehlten mir direkte Impfversuche mit den Sporen des in Rede stehenden Pilzes. Da aber bis zur Vollendung der Tafeln sich der Druck noch etwas hinauszog, beschloss ich durch das Experiment die Lücke auszufüllen und das Ergebniss hier einzuschalten. Herr Professor Neisser hatte die grosse Güte, in meiner Gegenwart im Breslauer pathologischen Institut die nothwendigen Injektionen an Kaninchen vorzunehmen.

Herstellung der zur Injektion verwendeten Conidiensporen. Am 30. September 1883 füllte ich mehrere Glaskolben

---

[1]) Diese Beiträge Bd. I. Heft 3 p. 220.

Anmerkung. Ich bemerke an dieser Stelle, dass die *Aspergillus*art, welche ich damals über 40° C. in Nährlösung erhielt, nicht, wie irrthümlich angegeben, *Asp. flavus*, sondern *Asp. fumigatus* gewesen ist, was übrigens aus der Beschreibung der Conidienträger und deren Sporen p. 215 von selbst hervorgeht. Die Conidien tragenden Rasen von *Aspergillus fumigatus Fres.* sind, wie dies wohl bei allen *Aspergillus*arten und auch bei *Sterigmatocystis nidulans* der Fall ist, je nach ihrem Alter von ganz verschiedener Farbe; die allerjüngsten des *Asp. fumigatus* sind weiss, später schön himmelblau, dann grünlichgrau und endlich nehmen sie die schmutzige Rauchfarbe an, welche dem Pilz seinen Namen verschafft hat. Ich trocknete bei meinen Versuchen im Jahre 1873 einzelne der erhaltenen Rasen von *Aspergillus fumigatus* und bewahrte sie im Herbarium auf; wenn ich heute diese 10 Jahre alten Sporen in frische Nährlösung bei 40—42° C. aussäe, so sind sie mit voller Sicherheit schon Tags darauf gekeimt und das Mycel bereits zu neuer Fruktifikation gelangt. Gewiss ein interessanter Beitrag zur Frage über die Keimfähigkeitsdauer bei den Schimmelsporen!

zur Hälfte mit Cohn'scher Bakteriennährlösung, kochte dieselbe auf und säete nach dem Erkalten eine sehr geringe Menge von Conidien der *Sterigmatocystis nidulans* auf die Oberfläche der Flüssigkeit. Diese Conidien befanden sich in getrocknetem Zustand und waren nun bereits zwei Jahre alt. Die Kolben stellte ich in den Wärmkasten, dessen Innenraum Tag und Nacht hindurch auf 40 bis 42^0 C. erhalten blieb. Bereits am folgenden Tag waren die Sporen ausgekeimt, sowohl die an der Oberfläche schwimmenden als die untergesunkenen; es waren Mycelien entstanden, deren Wachsthum rasch fortschritt, die auch bereits neue Conidienträger im Centrum zu bilden begannen [1]). Nach 5 Tagen überdeckte das Mycel in dichter Ansammlung die ganze Oberfläche der Flüssigkeit, es hatte ausschliesslich nur Conidienträger gebildet und auf diesen wie auf dem Mycel lagerte eine pulvrige Sporenschichte, welche dem Pilzrasen chromgrünes Aussehen verlieh. Diese neu erzeugten Conidiensporen gaben das Material ab zur Prüfung der *Sterigmatocystis* auf ihre eventuell pathogenen Eigenschaften.

Ich entfernte die Nährlösung, zerrieb die Pilzmasse mit etwas destillirtem Wasser, goss das trübe Gemenge durch ein reines Tuch und beseitigte auf diese Weise alles Mycelium, so dass nur Sporen in der Flüssigkeit vorhanden waren. Die letztere zeigte schmutzig gelbgrüne Farbe, war undurchsichtig und ihre Menge betrug 15 Gramm. Ich theilte sie in zwei Portionen, deren eine A 10 Gramm, die zweite B nur 5 Gramm mass, und zum Zweck der Einspritzung sowie der möglichst gleichmässigen Vertheilung der Sporen innerhalb des Thierkörpers erfolgte darauf mittelst destillirten Wassers noch eine weitere Verdünnung der beiden Theile auf je 30 Gramm Flüssigkeit. In A waren demnach doppelt so viel Sporen wie in B enthalten.

Injektion mit den Sporen. Krankheitserscheinungen an den Thieren. Tod derselben. Am 5. October Mittags wurde A einem weissen, B einem schwarzen Kaninchen in die *vena jugularis* vorsichtig eingespritzt.

Die Thiere befanden sich nach der Operation anscheinend ganz wohl; sie frassen und erst am andern Tag hatten sie mit grosser Athemnoth zu kämpfen, welche jedoch weiterhin geringer wurde; ja am zweiten Tag waren beide Kaninchen vollständig munter und es schien, als ob sie die Injektionen ohne Schaden überstehen würden.

---

[1]) Die innerhalb der Flüssigkeit schwimmenden Mycelflöckchen erreichen zwar beträchtliche Grösse, fruktificiren aber niemals; erst wenn sie sich auf der Oberfläche festsetzen, fangen sie an, Conidien zu entwickeln.

Am 8. October Morgens befand sich aber das schwarze Kaninchen in hochgradig verfallenem Zustand, es zeigte sich gänzlich entkräftet, fiel um und gegen 11 Uhr war der Tod unter starken Krampfanfällen eingetreten. Das weisse Kaninchen schien an demselben Tag Morgens noch ganz wohl zu sein, gegen Mittag jedoch erfolgte rascher Nachlass der Kräfte, um $3\frac{1}{2}$ Uhr Nachmittags verendete es unter lauten Klagetönen und unter krampfhaften Zuckungen.

Der letale Ausgang erfolgte also, vom Beginn der Injektion an gerechnet, bei den zwei Thieren nach annähernd drei Tagen; das schwarze Kaninchen, welches nur die Hälfte der dem weissen Thiere beigebrachten Sporenmenge erhalten hatte, starb dennoch $4\frac{1}{2}$ Stunden früher als letzteres, ein Umstand, der wohl auf die grössere Widerstandsfähigkeit des weissen Kaninchens, welches ein sehr kräftiges Thier war, zurückzuführen sein dürfte.

Sektionsergebnisse. Die Kaninchen öffnete ich sofort nach erfolgtem Tode. Beide zeigten sehr starke Affektionen der Lunge, Emphysem und zahlreiche Infarkte daselbst; die Leber war mit einzelnen weisslichen Pünktchen und Streifen durchsetzt, ebenso das Peritonäum, welche aus spärlichen Pilzmycelien bestanden; in Milz, Herz, Gehirn und dessen Häuten konnte ich kein Mycel auffinden, ebensowenig am Magen und an den Därmen. Die Nieren dagegen waren vergrössert und über und über mit weissen Heerden bedeckt, welche auch auf dem Durchschnitt zahlreich hervortraten. Diese weissen Stellen von verschiedener Grösse ertheilen den Nieren ein sehr charakteristisch gefleckte Aussehen und unter dem Mikroskop erwiesen sie sich als sämmtlich bestehend aus Pilzmycel: lange Hyphen mit Scheidewänden und zahlreichen Verzweigungen, oft in dicke Büschel durcheinander verflochten; die Enden der Hyphen meist knorrig hin und hergebogen oder auch in verschiedenen Formen aufgetrieben.

Es konnte wohl kaum zweifelhaft sein, dass dieses Mycelium den in die Blutbahn gebrachten Conidiensporen der *Sterigmatocystis nidulans* zugehöre. Die Sporen waren demnach wirklich im Thierkörper in Masse zur Keimung gelangt, sie hatten ein Mycel gebildet und dieses hatte sich vor Allem in den Nieren festgesetzt, ein Resultat, wie es ganz ähnlich bei den Versuchen von Koch und Gaffky mit andern *Aspergillus*arten eingetreten war. So viel und schön sich aber auch Mycelium in den Nieren entwickelt hatte, so zeigte sich dasselbe doch stets nur steril, an keiner Stelle war die Bildung von Conidienträgern innerhalb des Körpers vor sich gegangen.

Ich füge noch hinzu, dass ich auch den Urin des zuerst verendeten schwarzen Kaninchens auf etwaigen Eiweissgehalt untersuchte:

derselbe war ganz schwach gelblich gefärbt, vollkommen durchsichtig, beim Erwärmen bis zur Kochhitze trübte er sich aber sehr bedeutend und die entstandene weisse Fällung verschwand nicht auf Zusatz von Essig- und Salpetersäure.

Cultur von Conidienträgern aus dem in den Nieren befindlichen Mycelium. Um aber den endgültigen Beweis zu liefern, dass die Mycelien auch wirklich diejenigen der *Sterigmatocystis nidulans* seien, mussten dieselben unbedingt zur Fruktifikation gebracht werden. Ich schnitt zu diesem Zweck, dem Verfahren der oben genannten Forscher folgend, die Nieren in kleinere Stücke, legte dieselben auf Objektträger in sterilisirte *Agar-Agar*-Gallerte und brachte sie auf Gestellen unter der Glasglocke in den Wärmkasten bei einer Temperatur von 40—42° C. Nach Verlauf von 12 Stunden wuchs aus jedem der Nierenstückchen das Mycel allenthalben in Gestalt farbloser Fäden und Bündel heraus, nach 24 Stunden begann es überall zu fruktificiren, nach zwei Tagen waren sämmtliche Stücke völlig verschimmelt, und allein nur bedeckt von den Conidienträgern und von den zahllosen Sporen der *Sterigmatocystis nidulans* in Form schmutzig chromgrüner staubiger Ueberzüge.

Die Zugehörigkeit des Mycels in den Nieren zum Pilze sowie die Thatsache war damit festgestellt, dass die *Sterigmatocystis nidulans* den pathogenen Schimmelarten sich anreiht, dass ihre Sporen im Körper keimen und ein ziemlich grosses Mycel erzeugen können, dessen verderbliche Wirkung auf den Organismus durchaus nichts derjenigen des *Asperg. fumigatus* u. s. w. nachgiebt.

Ich gehe nun dazu über, die Conidienträger des Pilzes selbst und deren Entwicklung einer näheren Besprechung zu unterziehen.

Conidienfruktifikation der Sterigmatocystis nidulans.

Farbe der Conidien und der Conidienträger. Entstehung und Bau der letzteren. Wie oben erwähnt, hat man es an der Hand, mit Hülfe jener ungewöhnlich hohen Wärmegrade, welche andere pflanzliche Organismen tödten würden, in weniger als 24 Stunden ein Mycel und neue Conidienträger aus den Sporen der *Sterigmatocystis nidulans* hervorzubringen. Die ersten Conidienträger mit ihren Sporen erscheinen dem blossen Auge von weisslich grauer Farbe, welche aber bald in grün, resp. chromgrün (= Zinnobergrün) übergeht. Diese Farbe herrscht eine Weile im Centrum des Mycelflöckchens, wird aber schliesslich unrein und weicht einem schmutzigen Grün, während rings an der Peripherie noch junge zunächst weissgraue Conidienträger angelegt werden. Bei reichlicher Nahrung kann

es dann zur Bildung einer zweiten Conidienträgerschicht über der ersten auf der ganzen Myceloberfläche kommen, so dass Farbenschattirungen entstehen, und endlich habe ich an etwas älteren Mycelien gesehen, dass deren Conidienmasse, besonders wenn sie bei mangelhaftem Lichtzutritt erzogen wurde, von Grün ins Gelbliche sich verfärbte. Gegen das Ende der Conidienträgerbildung wurden in meinen Culturen die Pilzrasen sehr häufig von mehr oder minder ausgedehnten schneeweissen, zarten und nur höchst spärlich fruktificirenden Luftmycelien überzogen.

Die Anfänge der Conidienträger erheben sich als kräftige farblose Ausstülpungen des Mycels senkrecht von demselben in die Höhe. Nach Beendigung ihres Längenwachsthums schwellen sie an der Spitze zu einer nicht grossen runden Blase auf, deren Durchmesser denjenigen des übrigen Theils der Träger-Hyphe höchstens nur um das Doppelte übertrifft. Auch die Länge des Conidienträgers, an und für sich zwar sehr wechselnd, ist im Verhältniss zu andern verwandten *Sterigmatocystis* und *Aspergillus*arten nur gering; der *Sterigmatocystis nigra* oder *sulphurea* Fres. z. B. gegenüber sind die Conidienträger unserer *St. nidulans* als wahre Zwerge zu bezeichnen. Weitaus die grössten erwuchsen auf dem ursprünglichen Fundort, dem Hummelnest, sie massen bis zu 0,6—0,8 mm. in der Länge, 8—10 Mikr. in der Breite und zeigten sich durchweg gerade und steif aufgerichtet; die Conidienträger in künstlichen Nährlösungen dagegen wurden gewöhnlich nur halb oder ein Drittel so lang und waren fast immer mit welligen Biegungen versehen, Taf. XX. Fig. 11, 12, Taf. XXI. Fig. 1 und Taf. XXII. Fig. 8. Auf dem flüssigen Nährboden entstanden auch häufig Verzweigungen der Conidienträger, Taf. XX. Fig. 11.

Als Einleitung zur Sporenbildung bemerkt man an dem oberen Theil des Köpfchens äusserst feine bläschenartige Hervortreibungen auf sehr dünnen Stielchen aufsitzend, Taf. XX. Fig. 10b. Dieselben verlängern und verbreitern sich darauf und werden kurze cylindrische Schläuche oder mit andern Worten die Basalzellen der verzweigten Sterigmen, Taf. XX. Fig. 10c, Taf. XXII. Fig. 7. Rings um den oberen Theil des Köpfchens bilden sie einen ersten Kranz von Hyphen und der zweite kommt alsbald ebenfalls zum Vorschein, indem auf jeder einzelnen Basalzelle endständig in gleicher Höhe mehrere neue Zellchen mit feiner Zuspitzung, dem unmittelbar sporentragenden Theil, entwickelt werden. Damit ist die Bildung der sogenannt verzweigten Sterigmen vollendet, Taf. XX. Fig. 10a, Fig. 11 u. 12.

Um diese Zeit sind die Conidienträger noch farblos, sie haben jedoch ihre Wandung bereits stark verdickt und besitzen deutlich doppelte

Contouren. Ausserdem beginnen sie sich zu bräunen und zwar vom Kopf angefangen nach abwärts, so dass der Basaltheil längere Zeit, wohl auch immer, ungefärbt bleibt. Die Farbe dieser reifenden Conidienträger ist jedoch kein reines Braun, sondern mit einer ganz schwach röthlichen Beimischung; wenn ich Radde's internationale Farbenskala[1]) zu Hülfe nehme, so würde das Braun auf Carton 11 No. 33 sub n hierher gehören. Das Köpfchen des Conidienträgers ist jetzt nicht mehr kugelrund wie zu Anfang, seine obere Fläche wird vielmehr besonders bei den kürzeren Conidienträgern der künstlichen Cultur durch die Last der Sterigmen herabgedrückt und es nimmt in Folge dessen mehr oder weniger deutlich rundlich dreiseitige Gestalt an, Taf. XX. Fig. 10a, Fig. 11, Taf. XXII, Fig. 8. Die Sterigmen bleiben farblos, nur im Alter, wo sie nicht selten unförmig blasig aufschwellen, bräunen sie sich mitunter ebenfalls. Alle die zahlreichen Zweiglein der Sterigmen schreiten rasch zur succedanen Sporenabschnürung, ein Vorgang, der nach dem bekannten analogen bei *Penicillium* oder *Aspergillus* und nach meinen Abbildungen einer näheren Erläuterung nicht bedürftig ist. Die Sporenbildung ist bei *Sterigmatocystis nidulans*, Dank der zahlreichen Sterigmenzweige, äusserst ergiebig; jeder Zweig ist im Stande, eine Kette von 30 und mehr Sporen hervorzubringen, Taf. XX. Fig. 10a. Die kleinen in Nährlösungen künstlich gezüchteten Conidienträger geben an Reichthum der Sporenproduktion den längeren natürlich gewachsenen kaum etwas nach und gewähren nun einen sehr zierlichen Anblick. Sowohl die Sporen der einzelnen Ketten als die Ketten unter einander haben die Eigenschaft, sehr fest zusammenzukleben und es ist ganz erstaunlich, wie es möglich sein kann, dass die kleinen Conidienhyphen die Masse der verzweigten Sterigmen sowohl wie das Gewicht der Sporen zu tragen im Stande sind; die meisten allerdings werfen ihre Last bald ganz bald theilweise ab oder fallen unter der grossen Bürde zusammen.

Die gesammten verkitteten Mengen der Sporenketten jedes Köpfchens besitzen eine für die Art sehr charakteristische Gestalt, Taf. XX. Fig. 10a. Anfangs divergiren die erzeugten Sporen am Conidienträger, Taf. XX. Fig. 10a, Fig. 11, später aber steigen sämmtliche Ketten gerade oder schwach gebogen in die Höhe, so dass sie insgesammt die Form eines mehr oder weniger schlanken Cylinders annehmen, Taf. XX. Fig. 10a. Die Sporenmassen findet man so nach dem Abwerfen von ihrem Träger als undurchsichtige dicke Würstchen zahlreich auf dem Mycel umherliegen. Taf. XX. Fig. 8c.

---

[1]) Verlag der stenochromatischen Anstalt von Otto Radde, Hamburg.

Unregelmässigkeiten an den Conidienträgern. Ausser den bisher beschriebenen normalen Conidienträgern findet sich aber bei der Cultur des Pilzes eine Menge von abnormen und zwerghaften Bildungen ein, in ähnlicher Weise, wie sie de Bary bei *Aspergillus glaucus* beobachtet hat, Taf. XX. Fig. 12—16. Hier wird die Zahl der Sterigmen gewaltig reducirt und man kann bei unserer *Sterigmatocystis* in Folge des lichten Standes die Verzweigung jedes einzelnen derselben sehr gut unterscheiden. Oft verlängern sich solche Sterigmen abnorm, öfters sieht man sie unter sich anastomosirt, Taf. XX. Fig. 13, was übrigens in normalen Zuständen wohl auch sonst vorkommen mag. In allen Fällen bleibt die Sporenerzeugung solcher abnormer Conidienträger nur sehr geringfügig.

Bei der Cultur kommen ferner nicht selten Störungen in der Entwicklung von Conidienträgern dadurch vor, dass dieselben umgeworfen und in der Flüssigkeit untergetaucht werden; dann vermögen die Sterigmen in sparrige gewöhnliche Mycelfäden auszuwachsen. Nicht selten beobachtet man auf einem primären Köpfchen das Entstehen secundärer Conidienträger, welche es auch vereinzelt bis zur Sporenbildung bringen können. Taf. XX. Fig. 17 stellt eine solche abenteuerliche Bildung dar.

Die Fruchtkörper der Sterigmatocystis nidulans.

Vorkommen der Fruchtkörper. Beschaffenheit derselben sowie ihrer Umhüllung im erwachsenen Zustand. Wie erwähnt, zeigten die ausgewachsenen Mycelflocken in der Nährlösung auf ihrer fruktificirenden Oberfläche eine Menge kleiner oder grösserer rundlicher Erhabenheiten; diese sind es, unter welchen die Fruchtkörper nebst deren Anlagen verborgen stecken.

Anfangs findet man sie von einer locker verflochtenen Myceldecke überwuchert, welche nach aussen in dichtem Gewühl von Conidienträgern besetzt ist, Taf. XXI. Fig. 1; mit dem Grösserwerden der Fruchtkörper dagegen wird diese Decke auseinandergedrängt und dafür kommt ein hell gelblich weisses rundliches Häufchen mehr und mehr zum Vorschein.

Die Fruchtkörper der *Sterigmatocystis nidulans* befinden sich nicht frei in oder auf dem Mycelium, sie sind vielmehr selbst wieder nestartig in eine ganz eigenthümlich gebaute Umhüllung eingesenkt, Taf. XXI. Fig. 1 und 7.

Diese Hülle wird aus einer grossen Menge kurz und zahlreich verästelter vom übrigen Mycel scharf differenzirter Hyphen hergestellt, deren sämmtliche Endverzweigungen die Form auffallend stark

verdickter Blasen annehmen, Taf. XXI. Fig. 6a—d. Bald ist die Gestalt dieser Blasen kugelrund, bald oval, bald mehr in die Länge gezogen; die Membranverdickung derselben wächst mit dem Ausreifen und lässt dann nicht selten Schichtenbildung erkennen. Stets bleibt an demjenigen Theil der Blasen, wo dieselben ihrem Tragfaden ansitzen, die Verdickung aus; dagegen befindet sich hier eine offene mehr oder weniger breite Communikationsstelle, welche nur selten durch eine zarte Membran tüpfelartig abgeschlossen wird. Die fertigen Blasen besitzen einen Durchmesser von 16—19 Mikr. und die Wandverdickung kann bis 4 Mikr. stark sein. Während die Blasen, sobald sie in Haufen beisammen liegen, gelblich gefärbt erscheinen, ist jede einzelne derselben unter dem Mikroskop vollkommen farblos; die verdickte Wand besitzt starken Glanz und zeigt auf ihrer dem Zelllumen zugekehrten Seite unregelmässige Zacken und Vertiefungen, Taf. XXI. Fig. 6b und d. Mit Salzsäure quillt sie bis zum Verschwinden des inneren Zellraums, auf Zusatz von Chlorzinkjod erfolgt ebenfalls Quellung, dabei Bräunung des Inhalts der Blase, aber Farblosbleiben der Membran derselben.

Im Centrum dieser seltsamen und sehr locker gehäuften Blasenmasse von höchst charakteristischem Ansehen findet man den Fruchtkörper eingebettet und zwar in jeder Gruppe stets nur einen einzigen. Wenn derselbe bereits gross geworden ist, kann man ihn unter dem Präparirmikroskop leicht frei bekommen, einfacher noch, sobald man durch Reiben zwischen Daumen und Zeigefinger die Hülle mechanisch abreibt. Man erhält dann ein sehr kleines, kohlschwarzes, rundliches Kügelchen, dessen Durchmesser im reifen Zustand 0,2 bis höchstens 0,3 mm. beträgt.

In dem Kolben mit Cohn'scher Nährlösung befand sich während des September und October 1881 die Fruchtkörperbildung der *Sterigmatocystis nidulans* in vollstem Gange: die centralen Theile der Mycelfläche waren mit ausreifenden, die peripherischen mit jungen und jüngsten Fruchtkörpern sowie mit den ersten Anlagen derselben reichlich durchsetzt. Die letzteren zu isoliren, sie von den anhängenden fremden Bestandtheilen frei zu bekommen, erforderte allerdings einen sehr grossen Aufwand an Geduld und Mühe; es wurden für diesen Zweck zunächst unter dem Präparirmikroskop mit scharfer Lupe diejenigen Stellen aus dem Mycelium losgelöst, welche die Blasenzellen erkennen liessen; nach vorsichtigem Auseinanderbreiten der letzteren ergab dann die Beobachtung mittelst starker Vergrösserung, ob der richtige Zustand getroffen war.

In erwähnter Herbstzeit gelang mir die Neuerzeugung von Frucht-

körpern wiederholt nach Aussaat der Conidiensporen in grössere Mengen Nährflüssigkeit, so dass ich Material genug besass, um alle wesentlichen Details der Entwicklung studiren zu können. Meine späteren und neuerdings erst wiederholten Bemühungen zur Wiedergewinnung der Fruchtkörper blieben dagegen erfolglos; ich erhielt nur Conidienträger des Pilzes trotz aller Variationen sowohl in Bezug auf Ernährung, auf die Consistenz des Nährbodens, als auf den Zutritt oder Abschluss der Luft und dergleichen. Es scheint also, dass die *Sterigmatocystis nidulans* gleich so vielen andern Schimmelpilzen nur selten, durch unbekannte Umstände veranlasst, zur Erzeugung ihrer Ascusfrüchte übergeht; hat sie es aber einmal gethan, so scheint auch diese Vermehrungsweise einige Zeit hindurch ergiebig anzuhalten.

Ich gehe über zur Schilderung der Entwicklungsgeschichte des ganzen Fruchtapparates.

Entstehung der Blasenhülle. Erste Bedingung für das Inslebentreten der Fruchtkörper bleibt immer die Gegenwart der umhüllenden Blasenzellen, ohne welche ich jene niemals angetroffen habe; sie stellen eine Art von schützendem Bett dar, in dessen Innerem tief verborgen die winzige Anlage vor sich geht.

Die Blasenhülle kommt in folgender Weise zu Stande. An zahlreichen Stellen des älteren Mycels, welches bereits reichlich Conidienträger entwickelt hat, entstehen durch Neusprossung feine Hyphen, die sich in Kürze vielfach verzweigen, sehr häufig miteinander und mit den übrigen Mycelzellen anastomosiren, vollkommen farblos und aufs reichlichste mit Protoplasma angefüllt sind. Die Hyphen, eine Art secundären Mycels, kriechen nach allen Richtungen unter Verästelung über die älteren Mycelfäden hin und an den Stellen, wo sie Anastomosen eingehen, beginnt eine sehr rasche und äusserst dichte Aussprossung, Taf. XXI. Fig. 2a. Diese zuletzt ausgesprossten Hyphen bleiben durchweg kurz, anastomosiren mit dickeren älteren Mycelfäden und ersetzen das fehlende Wachsthum in die Länge durch ihre vielfachen Theilungen in Seitenäste, Taf. XXI. Fig. 3.

In kürzester Frist hat sich auf diese Weise ein dicht verwobener rundlicher oder länglicher, lokal für sich abgegrenzter Hyphenknäuel entwickelt, Taf. XXI. Fig. 4; die Endverzweigungen desselben nehmen allseitig unter Aufschwellen Blasengestalt an, während sie anfangs noch dünne zarte Membran besitzen und prall mit feinkörnigem Protoplasma angefüllt sind, Taf. XXI. Fig. 5. Dieser Plasmavorrath dient nun weiter zur Ausbildung der Membranverdickung, welche unter gleichzeitiger Vergrösserung der Blase successive nach Taf. XXI. Fig. 6a—d angelegt wird. Die meisten Blasen in je einem Knäuel

wachsen gleichzeitig heran, jedoch werden immer noch eine Zeit lang junge in grösserer Anzahl nachgeschoben.

Die Primordialanlage der Fruchtkörper. Entwicklungsgeschichte der letzteren. Mitten in jedem solchen blasigen Hyphenknäuel, deren viele gleichzeitig auf dem Mycel entstehen, geschieht nun, wie schon erwähnt, die Erzeugung je eines Fruchtkörpers. Dessen Anlage, von winziger Kleinheit und Feinheit, muss aus ihrer umfangreichen Verpackung erst förmlich herausgeschält und blossgelegt werden. Zum Glück färben sich die jüngsten Zustände schon sehr bald schwach gelblich und unterscheiden sich sowohl dadurch als durch ihre Formgestaltung von dem umkleidenden in diesem Zustand völlig farblosen Geflecht der Blasenhülle.

Die Anlage des Fruchtkörpers beginnen zwei Hyphen eines zarten Mycelfadens, deren eine gerade und kurz bleibt und endständig aufschwillt, während die andere sich jener anschmiegt, sie schraubig umwächst und an ihrer Spitze sich in Gestalt lappiger Aussackungen über die Anschwellung verbreitet, Taf. XXI. Fig. 8 und 9. Die ganze Anlage vergrössert sich hierauf etwas, streckt sich in die Länge und zeigt dann ein kugliges Köpfchen und einen langen aus den zopfartig verflochtenen Primordialhyphen bestehenden Stiel, Taf XXI. Fig. 9. Jene Hyphe, welche anfangs die andere umrankt hatte, fährt fort, sich auf der Oberfläche letzterer zu verzweigen und zu septiren, so dass diese sammt ihrer endständigen Aufschwellung, die, wie mir vorkam, als besondere Zelle abgegliedert wird, bald vollständig von einer pseudoparenchymatischen Hülle, einer Rinde, eingeschlossen ist, Taf. XXI. Fig. 10 im optischen Durchschnitt, Fig. 12 bis 14. In diesem Zustand zeigt sich die Farbe der Anlage bereits schwach hellgelblich und zwar wird diese Farbe nur durch die Rinde hervorgebracht. Die ganze Grösse des Gebildes ist so gering, dass sie noch nicht einmal dem Durchmesser einer einzigen der ausgewachsenen verdickten Blasenhüllzellen gleichkommt. Taf. XXI. Fig. 12. stellt eine Anlage dar, die ausnahmsweise stiellos und sitzend geblieben ist, während sonst an der nun bald eintretenden raschen Vergrösserung des jungen kugelrunden Fruchtkörpers auch der Stiel theilnimmt, welcher einige Zeit eben so lang oder länger erscheint wie jener selbst und in eine Anzahl isodiametrischer Zellen getheilt wird, Taf. XXI. Fig. 14. An älteren Fruchtkörpern konnte ich dagegen vom Stiel nichts mehr bemerken.

Die pseudoparenchymatische Rinde färbt sich jetzt intensiver gelb, dieselbe bleibt jedoch stets nur ein- oder zweischichtig, überzieht allseitig den jungen Fruchtkörper und scheint sich nicht weiter an den morphologischen Vorgängen im Innern desselben zu betheiligen.

Was diese betrifft, so ist die Untersuchung darüber mit äusserster Schwierigkeit verknüpft. Bei richtiger Einstellung des Mikroskops erkennt man, dass der Innenkern grösser und vielschichtiger geworden ist, Taf. XXI. Fig. 11 (im Durchschnitt); es sieht nicht darnach aus, als ob die aufgeschwollene Endzelle der ursprünglich umwundenen Hyphe sich verzweige oder sonst beim Aufbau des Fruchtkörpers irgend welchen Antheil nehme; sie dürfte sich vielmehr auflösen und ist daher sehr bald spurlos verschwunden. Weit mehr spricht die Wahrscheinlichkeit dafür, dass die unterhalb dieser Endzelle sich befindenden Zellen der umwundenen Hyphe lebhaft aussprossen und dass so der Innenkern des Fruchtkörpers erzeugt resp. vergrössert wird.

Dieser Kern ist vollkommen farblos; bei Druck auf junge Fruchtkörper und vorsichtigem Zersprengen derselben tritt er heraus und man bemerkt, dass er aus einem durchaus gleichartigen und sehr zarten Geflecht verzweigter, stellenweise aufgetriebener, dann wieder verengter Fäden besteht, an welchen das Erkennen von Scheidewänden durch das stark lichtbrechende Plasma verhindert wird, Taf. XXII. Fig. 1. Dieser Kern füllt allein den ganzen Innenraum aus, er ist ein Bestandtheil des Fruchtkörpers für sich ebenso wie die Rinde, welche mit dem Wachsthum des Kerns gleichen Schritt einhält. Deren Zellen theilen sich äusserst reichlich, sie werden mit der Vergrösserung allmählich wellig verbogen und ungleichartig verlängert; ihre Membranen verdicken sich und erhalten dunklere Färbung. Auch die Schutzhülle, die Masse der verdickten Blasenzellen, wird noch ausgedehnt; sie erhält aber den Fruchtkörper stets völlig in sich eingeschlossen; die ganze Anlage gewährt das Bild, wie ich es in Taf. XXI. Fig. 1 und 7 aufgezeichnet habe.

Nicht blos morphologisch, auch chemisch nachweisbar erleiden jetzt die Hyphenelemente des Fruchtkörpers Veränderungen, welche weder an der Blasenhülle, noch an den gewöhnlichen Mycelfäden, noch an den Conidienträgern der *Sterigmatocystis nidulans* stattfinden. Eine sehr merkwürdige, bis jetzt meines Wissens einzig in ihrer Art dastehende Reaktion kann nämlich von dem Zustande des Fruchtkörpers, in welchem er sich Taf. XXII. Fig. 1 befindet, bis zu seiner Reife stets mit Sicherheit vorgenommen werden.

Der ganze farblose Innenkern des Fruchtkörpers sammt der ihn überziehenden Rindenschicht färbt sich auf blossen Zusatz von Ammoniak oder Kali in seiner gesammten Masse prachtvoll himmelblau. Die blaue Farbe wird durch Säurezusatz im Ueberschuss z. B. Essig- oder Salzsäure in roth umgewandelt.

Der Stoff, welcher mit Alkalien die Blaufärbung annimmt, ist in diesen sowohl als in Säuren löslich, denn es fliesst nach deren Hinzufügung ein blauer resp. rother Flüssigkeitsstreifen von dem Fruchtkörper aus. Welcher chemischen Gruppe mag aber wohl dieser eigenthümliche Körper angehören? Bei der Kleinheit des Gegenstandes und der relativ geringen mir zur Verfügung stehenden Menge konnte ich darüber zu keiner Entscheidung gelangen. Doch tritt dieser anfangs sowohl in dem farblosen Geflecht des Innenkerns als in der Rinde gleichmässig verbreitete und nur mit Hülfe von Reagentien nachweisbare Stoff mit vorschreitender Ausbildung des Fruchtkörpers bald sichtbar hervor: er concentirt sich nämlich mehr und mehr in der Wandung des Fruchtkörpers, welche schliesslich dunkel purpurfarben, endlich fast schwarz wird, sowie später in den Sporenschläuchen, wo er sich zuletzt in den Ascosporen ansammelt, welche nach erfolgter Reife schöne Purpurfarbe besitzen.

So schnell auch verhältnissmässig der Fruchtköper sich entwickelt, so erfährt doch sein Wachsthum, wenn er den Durchmesser von etwa 0,1 mm. überschritten hat, einen bemerkenswerthen Stillstand oder wenigstens eine beträchtliche Verzögerung: er scheint eine Art von kurzem Sclerotialzustand durchzumachen. Die Blasenhülle zeigt sich nun dem blossen Auge mit gelblich weisser Farbe, sie beginnt sich sehr zu lockern und zu vertrocknen, auch erhebt sie sich bis an die Oberfläche des Pilzrasens und kann leicht völlig von dem Fruchtkörper isolirt werden.

In diesem selbst beginnt allmählich die Ausbildung der Sporenschläuche und das Heranreifen der Ascosporen, beides jedoch nur sehr langsam und ungleichmässig, so dass in dem nämlichen Fruchtkörper stets alle Zustände vom eben sich differenzirenden Ascus bis zur bereits fertigen Spore neben einander zu finden sind. Auf dünnen mit Hülfe von Paraffin oder besser von Glyceringallerte angefertigten Querschnitten zeigen solche Fruchtkörper, welche jetzt die Eigenschaft heranreifender Perithecien erlangt haben, die folgenden Bestandtheile, Taf XXII. Fig. 2. Ringsum an der Peripherie befindet sich die zwei-, an einzelnen Stellen dreischichtige und ziemlich stark verdickte Peritheciumwand von dunkel schwarz rother Farbe, davon scharf abgegrenzt besteht der innere Theil aus dicht zusammengedrängten Elementen von sehr verschiedener Gestalt. Neben dünneren Hyphen liegen eckige und rundliche, grössere und kleinere Zellen und daneben sieht man heranreifende Sporenschläuche, endlich solche, in welchen die acht Ascosporen bereits vollständig ausgebildet sind, Taf. XXII. Fig. 2. Die reife Peritheciumwand des Pilzes, von oben

gesehen, besitzt in Folge des welligen Verlaufs ihrer Zellen und deren ungleichmässiger Verdickung ein eigenthümliches Ansehen, Taf. XXII. Fig. 3. Man sieht die Membranverdickungen nur streckenweise und öfters gegabelt verlaufen, dann hören sie plötzlich auf und erst bei tieferer Einstellung gelingt es, ihnen weiter zu folgen. Oeffnet man ein Perithecium des Pilzes, in welchem bereits die Ascosporenbildung ihren Anfang genommen hat, um über die nähere Entwicklung derselben ins Klare zu kommen, so findet man das Innengewebe, im Gegensatz zu den verhältnissmässig noch mehr gleichmässigen Fäden in Taf. XXII. Fig 1 bedeutend angeschwollen und sehr reichlich verzweigt, auf den Enden aller Zweige entstehen zahlreiche kuglige Hervorwölbungen, welche direkt die Erzeugung der Sporenschläuche einleiten, Taf. XXII. Fig. 4. Sämmtliche Verzweigungen strecken sich schliesslich in Traghyphen, von welchen kurze Seitenäste ohne erkennbare Ordnung ausgehen, die sich zu Ascis differenziren. Die letzteren sind fast sitzend, eiförmig, im Durchmesser von 10,5—11 Mikr.; sie befinden sich an demselben Tragfaden in verschiedenen Zuständen der Ausreifung. Taf. XXII. Fig. 5 zeigt solche Asci, deren Entwicklung theilweise noch weit zurück ist, während andere bereits zur Sporenbildung übergegangen sind, die bei a schon vollendet wurde.

Es erfordert eine Zeitdauer von vielen Wochen, bis der Innenraum eines Peritheciums vollständig seine sämmtlichen Asci zur Reife gebracht hat. Auch bleibt der Fruchtkörper dabei stets allseitig geschlossen, so dass erst nach Zerstörung der Peritheciumwand die Ascosporen ihre Freiheit erlangen können.

Die Schlauchsporen der *Sterigmatocystis nidulans*. Keimung derselben, Mycelbildung und Entstehung neuer Conidienträger. Die reifen Schlauchsporen sind von schwach ovaler Gestalt, glatt, mit starker purpurfarbener Aussenhaut versehen. In der Länge messen sie 5, in der Breite 4 Mikr. Wenn man sie in Nährlösung auf dem Objektträger aussät, ein Versuch, den ich zur Beschleunigung des Resultats bei einer Temperatur von 20—25^0 C. vorgenommen habe, so beginnen sie nach 24 Stunden ihre Keimung. Eingeleitet wird dieselbe durch eine beträchtliche Quellung, wodurch die purpurfarbene Aussenhaut, deren Farbe dabei allmählich mehr in Violett übergeht, mitten durch in zwei Halbkugeln auseinandergesprengt wird, Taf. XXII. Fig. 6. Zwischen diesen dringt der Keimschlauch heraus, der sich verlängert, verzweigt und zu einem Mycelium entwickelt. Es ist ein günstiger Umstand, dass die beiden violetten Halbkugeln der Sporenmenbran dem Mycel beiderseits fest

anhaften bleiben, Taf. XXII. Fig. 7a und 8a, so dass man stets mit voller Sicherheit sich davon überzeugen kann, dass dieses Mycel auch wirklich aus den Ascosporen hervorgegangen ist.

Schon sehr bald erscheinen neue Conidienträger, Taf. XXII. Fig. 7 und 8 in allen Entwicklungszuständen mit verzweigten Sterigmen auf dem Mycel, in nichts verschieden von denen, welche oben ausführlich beschrieben wurden. Damit aber ist der Entwicklungskreis der *Sterigmatocystis nidulans* in erwünschter Weise abgeschlossen und die Zugehörigkeit der Fruchtkörper in den Lebenslauf des Pilzes mit voller Schärfe dargethan.

Rückblick. Systematisches. Formwandlungen am Primordium. Sowohl die erste Anlage wie die weitere Gestaltung der Ascusfrucht hat sich also bei unserer *Sterigmatocystis* beträchtlich verschieden gezeigt von den Angaben, welche über diese Vorgänge bei anderen *Sterigmatocystis-* und *Aspergillus-* resp. *Eurotium*-Arten bisher gemacht worden sind. Die *Sterigmatocystis nidulans,* welcher ich ihren Namen auf Grund der Einbettung des Fruchtkörpers in die Blasenhülle gegeben habe, stellt gleichsam ein Mittelglied dar zwischen den genannten Pilzgattungen. Hier zeigt sich als Primordium der Frucht weder die elegante, lange und lockere, aus einer einzigen Hyphe bestehende Schraube der *Eurotien,* noch die Verflechtung und nachträgliche Verwachsung morphologisch vollkommen gleichartiger Fadenelemente, wie sie Wilhelm und Brefeld bei Bildung ihrer *Aspergillus*-Sclerotien beobachtet haben. Am Aufbau des Fruchtkörpers der *Sterigmatocystis nidulans* nehmen vielmehr von Anfang an zwei Hyphen Theil, die sehr charakteristisch gestaltet sind. Auch ist die Funktion beider streng gesondert, denn die eine erzeugt nur die Rinde, die andere den ascogenen Kern, während ein Ausfüllungsgewebe wie bei *Eurotium* nicht gebildet wird. Entgegen der stets zarten, rasch auswachsenden und alle Asci gleichzeitig hervorbringenden *Eurotium*kugel, besitzt das Perithecium der *Sterigmatocystis nidulans* eine starke, verdickte Wand und entwickelt nur sehr allmählich und ungleichzeitig seine Sporenschläuche. Mit diesen Eigenschaften nähert es sich den Sclerotien, ohne dass es jedoch wie diese einer gleich langen Ruheperiode mit Austrocknung benöthigt ist.

Die Blasenhülle hat meiner Ansicht nach dieselben Aufgaben der Ernährung und des Schutzes für den jungen Fruchtkörper zu erfüllen, wie sie oben von mir dem Hyphenpolster von *Chaetomium* zugeschrieben wurden; sie ist mit diesem als physiologisch gleichwerthig zu erachten. Bei *Sterigmatocystis nidulans* zeigt sich dieses Gebilde

nur durch seine Gestaltung weit auffallender und viel mächtiger in seiner Entwicklung.

In Bezug auf Formenwandlungen an den Primordialanlagen ist begreiflicherweise die beschriebene *Sterigmatocystis*art kein günstiges Objekt für Untersuchungen. Denn abgesehen von der Einpackung ihrer Anlagen, aus welcher sie zu befreien schon keine leichte Aufgabe ist, so hat man es bei diesem Pilz nicht an der Hand, die Entwicklung von Fruchtkörpern willkürlich anzuregen. Dennoch konnte ich auch hier, wie angegeben, die Primordien in zweierlei Formen, lang gestielt und in sitzendem Zustand, auftreten sehen. Uebrigens bin ich der Meinung, dass sich die Anlagen der Ascusfrüchte bei vielen Arten der *Aspergilleen* in ihrer Form so ziemlich constant zeigen dürften; bei dem häufigen *Eurotium Aspergillus glaucus* wenigstens habe ich dabei nur geringe Veränderungen wahrgenommen.

In der am Schluss zu beschreibenden dem Genus *Aspergillus* verwandten *Papulaspora* freilich, welche aber auch nie zur Ascusbildung gelangt, werden wir dagegen den höchsten Grad von Variationen nach jener Richtung hin erreicht sehen.

IV.

Helicosporangium parasiticum Karsten.

(Taf. XXIII. Fig. 1—6.)

Im Jahre 1877 untersuchte und beschrieb ich diese zierliche Schimmelbildung[1]), welche Karsten[2]) zuerst auf einer feuchten Mohrrübe gefunden und mit obigem Namen bezeichnet hat.

Entwicklungsgeschichte des Pilzes. Häufiges Vorkommen und Verwandtschaft desselben. Ich fand die Fruktifikation und sonstige Entwicklung des *Helicosporangium* in vieler Hinsicht abweichend von der sehr unklaren Beschreibung Karsten's; die erstere geschieht, mit kurzen Worten zsammengefasst, derart, dass auf lange Strecken des Mycels hin rechts und links zahlreiche Ausstülpungen wie Aeste hervorgetrieben werden, deren obere Enden uhrfederartig zu lockeren in einer Ebene liegenden Spiralen von 1—1½ Windungen sich zusammenrollen. Auf dem Stiel der Spirale kann eine zweite ähnliche entspringen und die anfangs noch nicht

[1]) Jahresber. der schles. Gesellsch. für vaterl. Cultur pro 1877. Bot. Sektion pag. 122.

[2]) H. Karsten, Bot. Untersuchungen a. d. phys. Laborat. in Berlin. I. Heft. 1865.

sich berührenden Windungen derselben schmiegen sich demnächst innig aneinander, worauf sie von Auswüchsen berindet werden, die aus der Spirale hervorwachsen und sich über deren Oberfläche ausbreiten. Es tritt gleichzeitig reichliche Septirung ein und eine Centralzelle wird abgetrennt, die sich vor allen übrigen vergrössert, mit der Reife rothbraune Farbe erhält und dicht mit Protoplasma angefüllt ist, während die umgebenden Rindenzellen alsdann ganz oder so ziemlich inhaltsleer geworden und nur hellgelblich gefärbt sind. Karsten giebt an, dass die Centralzelle ein Ascus sei, in welchem, wie ihm vorkam, acht elliptische Sporen entstehen sollen. Diese Angabe habe ich nicht bestätigen können; ich vermuthe, dass es sich hier um einen Irrthum handelt, der auf die eigenthümlichen Vorstellungen jenes Forschers über Entstehung der Zellen zurückzuführen sein dürfte.

Die beschriebenen Gebilde sind vielmehr eine Art von Sporen und keimfähig, sie ähneln den Sporenknäueln der *Urocystis occulta;* im reifen Zustande zeigen sie sich lang gestielt und sie besitzen häufig am Scheitel einen nackten, dem Ring der Farnsporangien vergleichbaren Theil, in welchen sich der oberste Spiralbogen umwandelt, Taf. XXIII. Fig. 1e. Das farblose, weithin ausgebreitete Mycel des Pilzes erzeugt massenhaft diese Sporenknäuel, so dass es makroskopisch von denselben ziegelrothe Färbung annimmt.

Zuerst ist mir das *Helicosporangium parasiticum,* bei dem ich übrigens nie wie Karsten etwas von wirklichem Parasitismus bemerken konnte, auf Brodstücken wuchernd begegnet, ich habe es jedoch seitdem, oft in grösster Ueppigkeit, auf den mannigfachsten Substraten: gekochten Kartoffeln, keimenden Samen, auf Stengeln, Wurzeln etc. der verschiedensten Pflanzen angetroffen. Meine früheren Untersuchungen über diesen Pilz konnte ich daher durch neue wesentlich vervollständigen und ich gebe denselben hier eine Stelle wegen der auffallenden Aehnlichkeit bei Anlage der Sporenknäuel des *Helicosporangium* mit jenen morphologischen Vorgängen, welche die Entstehung der Fruchtkörper von *Ascomyceten* einleiten; auch ist der Pilz mit *Papulaspora,* deren Beschreibung unten folgt, äusserst nahe verwandt, dadurch aber trotz mangelnder Sporenschläuche den *Aspergilleen* nahe gerückt.

Variationen bei Anlage und Ausbildung der Sporenknäuel. Ich fand, dass besonders die Art, wie die Berindung der Spirale vor sich geht, von Modificationen begleitet wird. Der häufigste Fall ist allerdings der, dass die Spitze der eng gerollten Hyphe, da sie beim Weiterwachsen keinen Platz mehr in der Spiralebene

vorfindet, sich verbreitert und in zwei Lappen spaltet, Taf. XXIII. Fig. 1 a, die auf beiden Seiten hervortreten, und, von vorn gesehen, wie Ohren herunterhängen, Taf. XXIII. Fig. 1 d; öfters jedoch findet man die ersten Ausstülpungen nicht aus dem obersten Ende der Spirale hervorgegangen, sondern eine ganze Strecke weit hinter demselben, Taf. XXIII. Fig. 1 c. Wieder in andern Fällen können beide Vorgänge zugleich eintreten, Taf. XXIII. Fig. 1 b, oder es kommt die Ausstülpung statt auf beiden Seiten der Spirale nur endständig auf einer einzigen zu Stande, so dass also damit die Spirale aus ihrer Ebene herausrückt und zur Form der Schraube übergeht. Nur im allerjüngsten noch unseptirten Zustand ist die Sache deutlicher zu übersehen; mit eingetretener Scheidewandbildung wird der ursprüngliche Ausgangspunkt der Rindenzellen verwischt; sie verzweigen sich, die rapid vergrösserte Centralzelle überwachsend, Taf. XIII. Fig. 1 e. Letztere allein ist keimfähig, die Rindenzellen bilden nur eine schützende Wand um dieselbe wie die Fruchtwand am Perithecium. Taf. XXIII. Fig. 1 f. zeigt eine berindete Spore des *Helicosporangium* im Durchschnitt, g. im Zustand der Keimung, welche die Centralzelle durch Austreiben von drei Keimschläuchen begonnen hat.

Die angegebene Form der berindeten Sporen ist diejenige, welche am häufigsten vorkommt und in gut wachsenden Culturen des Pilzes nicht selten allein herrscht; sie erleidet jedoch verschiedene Abweichungen, welche mir schon bei meiner ersten Untersuchung zum Theil aufgefallen sind. Was die Grössenverhältnisse betrifft, so besitzen die reifen Sporenknäuel von *Helicosporangium* gewöhnlich einen Durchmesser von 25—30 Mikr.; es hängt jedoch ganz von der Reichhaltigkeit des Nahrungsvorrathes ab, ob diese Dimensionen durch Verkleinerung der Zellelemente oder durch Vergrösserung und Vermehrung derselben verringert oder überschritten werden. Die Rindenzellen fallen bei kümmerlichem Wachsthum mitunter fast gänzlich weg, so dass dann die Spore nackt geworden ist und das charakteristische Aussehen der *Helicosporangium*-Fruktifikation fast eingebüsst hat. Andererseits jedoch trifft es sich, dass die Berindung sehr vielzellig wird und dass dann nicht blos eine einzige Centralzelle vorhanden ist, sondern zwei bis viele mehr oder weniger grosse, mit beginnender Reife dunkler braun gefärbte Innenzellen gebildet werden, Taf. XXIII. Fig. 2, 3 a. und b., Fig. 4. Die Sporennatur ist hier nahezu verwischt; man hat es mit ansehnlichen knollenartigen Zellenkomplexen zu thun, bei welchen auch die Rindenzellen nicht immer inhaltsleer, sondern öfters mit Protoplasma erfüllt sind. Die grössten dieser Bildungen habe ich bis 80 Mikr. im Durchmesser

gefunden; sie ähneln Fruchtkörpern, unterscheiden sich aber von solchen durch die kleine Zahl der Zellen des Innenkerns, durch deren baldiges Stillstehen im Wachsthum, durch die starke Bräunung sämmtlicher Zellmembranen derselben und durch ihre Keimfähigkeit.

Die verschiedenen Formen und Grössen der Sporenknäuel sind oft an ein und dem nämlichen Mycel zusammen anzutreffen; die Berindung erstreckt sich mitunter auch auf den Stiel, Taf. XXIII. Fig. 3a., so dass die gewöhnlich runde Gestalt des Knäuels verlängert, nicht selten mit mancherlei unregelmässigen Auswüchsen bedeckt ist.

Endlich unterbleibt wohl auch bei *Helicosporangium* die Bildung der Spirale; der hiezu eigentlich bestimmte Faden wächst dann entweder ganz gerade oder krümmt sich nur wenig, Taf. XXIII. Fig. 5 und 6, er theilt sich in zahlreiche Zellen, deren mittelste sich bräunen, während in verschiedener Höhe Ausstülpungen hervortreten, die eine mehr oder minder regelmässige und ergiebige Berindung einleiten.

Conidienbildung. Das *Helicosporangium parasiticum* besitzt ausser der geschilderten Fortpflanzungsweise noch Conidien, welche von zierlichen Sterigmen einzeln oder reihenweise abgeschnürt werden, Taf. XXIII. Fig. 3c. Man trifft sie nicht regelmässig am Mycel: in dem einen Fall findet man die Hyphen oft auf lange Strecken hin von ihnen besetzt, im andern ist alles Suchen darnach vergebens. Die Sterigmen sind entweder einzellig, von flaschenförmiger Gestalt, oder sie verlängern sich stielartig und werden mehrzellig, oder endlich sie werden auf vollständigen Conidienträgern gebildet, Taf. XXIII. Fig. 3c und d. Im letzteren Fall erhebt sich eine längere septirte Hyphe, welche in verschiedener Höhe ringsum Sterigmenwirtel trägt, und deren Spitze ebenfalls in ein Conidien abschnürendes Sterigma ausläuft.

Die Conidien sind farblos, kuglig oder oval, äusserst klein, sie werden in grossen Mengen erzeugt, ihre Keimung aber wollte mir bei meinen neueren Versuchen schlechterdings nicht gelingen. Sie gehören derselben Kategorie von Bildungen an, welche verschiedene *Ascomyceten* (z. B. *Peziza*arten, *Chaetomium* u. s. w.) besitzen.

V.
Papulaspora aspergilliformis nov. sp.

(Taf. XXIII. Fig. 7—17.)

Die grossen vielzelligen Sporenknäuel sowie die Conidienträger des *Helicosporangium* sind von ähnlichen Bildungen der *Papulaspora* kaum oder gar nicht zu unterscheiden; bei letzterer werden aber

der Regel nach diese Fruktifikationen weit vollkommener, die Knäuel verlieren vollständig den Charakter als berindete Sporen und ausserdem gesellt sich noch eine besondere Art von Chlamydosporen in den Vermehrungscyklus.

Die Gattung *Papulaspora* stammt von Preuss[1]); derselbe giebt einem auf halbfaulen zerschnittenen Aepfeln in Form dicker Schimmelüberzüge gewachsenen Pilz den Namen *Papulaspora sepedonioides* und folgende Diagnose: „Lagerung verbreitet, rostfarben; Flocken durchscheinend, weiss; Sporen irregulär, stielförmig eingesetzt, erst weiss, dann rostfarben und in der Mitte dunkler."

So kurz auch die Beschreibung von Preuss ist und so wenig sie genügende Aufklärung darüber giebt, ob derselbe etwa *Helicosporangium* oder einen andern verwandten Pilz vor sich gehabt habe, so erscheint doch trotz aller sonstiger Verschiedenheit die colorirte Zeichnung dieses Forschers, besonders Fig. c., immer noch charakteristisch genug, um zur Vermeidung neuer Namenaufstellung den von mir gefundenen Schimmel in die Gattung *Papulaspora* einzureihen. Den Speciesnamen jedoch habe ich geändert, denn mit *Sepedonium* hat meine *Papulaspora* nichts zu thun, sie besitzt vielmehr Conidienträger, deren Spitze äusserst elegante *Aspergillus*köpfchen darstellen. Die vielfachen Abweichungen vom Entwicklungsgang der bis jetzt bekannten *Aspergillen* haben mich veranlasst, den Pilz als *Papulaspora* und nicht direkt als einen *Aspergillus* zu bezeichnen.

Vorkommen des Pilzes. Fruktifikation desselben in Form von Bulbillen. Beschaffenheit der letzteren, Keimung und Abhängigkeit derselben in ihren Grössenverhältnissen von der Ernährung. Die *Papulaspora aspergilliformis* ist durchaus keine Seltenheit und man muss sich nur wundern, dass sie nicht früher schon die Aufmerksamkeit der Forscher hervorgerufen hat.

Wie viele *Aspergillus*arten, scheint auch dieser Pilz durch verhältnissmässig etwas höhere Wärmegrade (bei und über 18—20° C.) in seinem Wachsthum begünstigt zu werden und so kommt es, dass er sich bei Keimungsversuchen mit Sämereien der verschiedensten Art, die ich unter genannten Temperaturen vornehme, das ganze Jahr hindurch besonders auf den verdorbenen keimungsunfähigen Körnern sehr häufig einstellt. Ebenso fand ich diese *Papulaspora* auf feucht gehaltenen Früchten, auf gekochten Kartoffelscheiben

---

[1]) Jakob Sturm, Deutschlands Flora, fortgesetzt von W. Sturm. III. Abtheil. D. Pilze Deutschl. 6. Band von G. Preuss. 1862 pag. 89 u. Taf. 45.

und vielen anderen Substraten und ich erhalte sie, natürlich mit allen möglichen sonstigen zufälligen Pilzbildungen, fast mit Regelmässigkeit innerhalb weniger Tage, auch mitten im Winter, wenn ich dürre krautige Gartenpflanzen ohne bestimmte Auswahl in grössere Stücke zerschneide, dieselben locker mit ihren Stengeln in weite Glasgefässe aufschichte, darauf Wasser über den Boden der Gefässe giesse und dieselben zugedeckt bei Zimmertemperatur stehen lasse.

Dann erscheint die *Papulaspora* oft sehr rein und in grosser Verbreitung zunächst als weisser zarter Mycelschleier, der sich zwischen den Stengelstücken mehrere Centimeter weit ausspannt oder als feines Geflecht an der Wandung der Glasgefässe emporkriecht. Das Mycel besteht aus dünnwandigen oftmals septirten, im Durchmesser ziemlich dicken Hauptästen nebst reichlichen Verzweigungen und man findet es bald mit zahllosen braunrothen Pünktchen übersät, die sich unter dem Mikroskop als solide vielzellige Gebilde von sehr verschiedener Grösse erweisen.

Die kleineren derselben erinnern an die Sporenknäuel von *Tuburcinia* oder sie ähneln, wie schon erwähnt, denjenigen von *Helicosporangium parasiticum*; Fig. 4. Taf. XXIII z. B. würde von einem solchen kleinen *Papulaspora*körper nicht zu unterscheiden sein. Man kann alle Zwischenstufen von verhältnissmässig nur wenigzelligen, bis zu grossen sclerotiumartigen, aus Pseudoparenchym bestehenden Complexen an dem nämlichen Mycel bei *Papulaspora* beobachten, Taf. XXIII. Fig. 7a, Fig. 8, (Querschnitt) Fig. 9a und b. Von den eigentlichen Sclerotien aber weichen diese Körper, welche ich im Hinblick auf physiologisch gleichwerthige Bildungen bei Algen, Moosen und zahlreichen Phanerogamen mit dem Namen Bulbillen bezeichne, in vieler Beziehung ab. Sowohl die Zellen der Oberfläche als die im Innern der Bulbille befindlichen zeigen durchweg dieselbe braungelbe oder braunrothe Membran, dieselbe geringe Verdickung der Zellwände und sämmtlich besitzen sie gleichmässigen Plasmainhalt, so dass also keine Differenzirung in verschiedene Theile, in Rinde oder anders gestalteten Innenkern bemerkbar ist, sondern die ganze Knolle innen und aussen gleichförmigen Bau aufweist. Diese Bulbillen sind ferner nicht im Stande, wie Sclerotien nach einer Ruhepause Schlauchsporen oder sonstige besondere Fortpflanzungsorgane zu entwickeln, dagegen sind sie wie Sporen keimfähig und bei Aussaat in Nährlösungen, von welchen die stickstoffreiche Mistabkochung dem Pilz am meisten zusagt, treiben sie aus den äusseren und aus den tiefer liegenden Zellen nach allen Seiten Keimschläuche hervor, Taf. XXIII. Fig. 9a. und b., welche rasch zu einem grossen Mycelium

heranwachsen. An diesem entstehen dann die Anlagen neuer *Papulaspora*bulbillen.

Die Grösse der Bulbillen ist ganz von der Reichhaltigkeit der Nährlösung abhängig; die ansehnlichsten fand ich bis zu 0,2—0,4 mm. im Durchmesser, sie bilden sich auf dem grössten und kräftigsten Mycel und es ist dies dasjenige, welches den natürlichen Nährboden überspinnt. Daselbst erscheinen sie zuerst, mit der Lupe betrachtet, wie kleine farblose Perlen, im Beginn ihrer Färbung hellgelblich, dann im Sonnenlicht schön rubinroth durchschimmernd, um endlich durchweg undurchsichtig zu werden und dunkel rothbraune Farbe anzunehmen. Die Gestalt der reifen Knöllchen wechselt von rund zu länglich, viele besitzen an verschiedenen Punkten ihrer Oberfläche, besonders am Stiel, kurz zellige Auswüchse, öfters sind zwei mit einander zusammengewachsen. Auf dünnen Druchschnitten Taf. XXIII. Fig. 8 zeigen die grösseren Bulbillen im Centrum oft eine kleine leere Höhlung, auch findet man nicht selten dünne Hyphen in ihrem Innern eingeschlossen. Das Gewebe der ganzen Knolle besteht aber allein nur aus länglich parenchymatischen Zellen von verschiedener Grösse mit gebräunten und ungleichmässig vedickten Wandungen.

Wird eine grössere Mycelfläche von den Stengeln aus in Nährlösung auf den Objektträger übergeführt, so wächst das Mycel, wenn auch nicht mit gleicher Ueppigkeit wie vorher weiter, es bildet neue Bulbillenanlagen, welche anfangs noch ziemliche Grösse erreichen, während die späteren immer kleiner werden und in die wenigerzelligen Formen der künstlichen Cultur resp. der mangelhaften Ernährung übergehen.

Gestaltung der Bulbillenanlagen auf dem natürlichen Nährboden. Es ist nun besonders interessant, dass die grösseren und kräftigeren Knöllchen auf dem spontan gewachsenen weithin ausgebreiteten Mycel in anderer Weise angelegt werden, wie diejenigen, welche sich an dem kleineren Mycel im Nährtropfen entwickeln. Die ersteren entstehen selbst wieder unter sich verschiedenartig und ihre Anlage erinnert in vielen Fällen an die Primordien von *Ascomyceten*früchten. Der gewöhnlichste Vorgang ist jedoch der, dass kurze Hyphenäste sich an der Spitze spiralig einrollen, darauf im Längenwachsthum stillstehen und in diesem Zustand der Anlage des *Helicosporangium*-Sporenknäuels gleichen; durch etwas bedeutendere Grösse und durch die schon im jüngsten Zustand eintretende Septirung sind sie vor diesen ausgezeichnet, Taf. XXIII., Fig. 10b. und c. An der Spirale kommen sehr bald Ausstülpungen in verschiedener Höhe hervor, welche sich derselben anlegen, sich ver-

grössern, verzweigen und so durch reichliche Sprossung und Verflechtung die Bulbille zu Stande bringen. In andern Fällen dagegen wächst die Spirale an ihrer Spitze weiter, und gestaltet sich zu einer in Form mehrerer Windungen aufgerollten Schraube, Taf. XXIII. Fig. 10d., die sich septirt, worauf ihre Zellen aussprossen und nun erst diese Sprossen nebst den Zellen der Schraube zum pseudoparenchymatischen Knäuel sich zusammenlegen. Die Schraube habe ich zudem bald länger gestielt bald sitzend gefunden, Taf. XXIII. Fig. 10a und d; an ihrem Ende läuft sie nicht selten in eine kurze Zuspitzung aus. Diese Anlagen gleichen derjenigen von *Eurotium,* sie sind jedoch so zu sagen plumper gebaut, auch tritt mit ihrer Vergrösserung weder irgend welche Differenzirung oder gar Ascusbildung in den jungen Bulbillen ein, sondern dieselben bleiben stehen auf ihrer niedrigen Entwicklungsstufe.

Anlage der kleineren Bulbillen in künstlicher Nährlösung. Die Bulbillen sind schon nach wenigen Tagen ausgereift und sofort keimfähig; bei Aussaat in Nährtropfen auf den Objektträger entstehen jedoch am heranwachsenden Mycel nicht die grösseren sondern nur kleinere *Papulaspora*knöllchen oft dicht an einander in grosser Menge.

Bei Anlage der letzteren konnte ich nichts mehr von einer Spirale oder Schraube bemerken, wohl aber traten aufs reichste mit Plasma erfüllte Seitenäste auf, welche sich in allen möglichen Gestalten kurz lappig verzweigten, septirten und ihre Zweige zu Bulbillen durcheinanderflochten. Letztere sind von der nämlichen Beschaffenheit wie die ausgesäten, nur durchweg von geringerem bis höchstens 80 Mikr. betragendem Durchmesser. Die lappigen Verzweigungen entstehen an dem nämlichen Mycelfaden nicht selten eine an der andern, bald indem sie sich mehr gestreckt hyphenartig gestalten, Taf. XXIII, Fig. 12, bald indem der Mycelfaden sich kurz gliedert, worauf die einzelnen Zellen unregelmässig rundlich aufschwellen und zahlreiche ebenfalls rundliche Auswüchse hervortreiben, Taf. XXIII. Fig. 11.

So variirt also die Anlage der *Papulaspora*bulbille innerhalb weiter Grenzen von einer deutlichen ebenen Spirale und Schraube bis zum Undeutlichwerden derselben, endlich zur kurzlappigen Sprossung, stets ist sie aber das Produkt nur eines einzigen Seitenastes. Die Variationen in der Anlage sind hier mit Sicherheit auf den Einfluss der Ernährung des Pilzes zurückzuführen. Denn nach Uebertragung des kräftigen Mycels aus der Glasschale in die Nährtropfen verdankten die ersten Bulbillen an den neu wachsenden Hyphen noch vollkommenen Schrauben, die zuletzt an dem nämlichen Mycel ent-

wickelten von kleinerer Gestalt dagegen nur unregelmässigem Aussprossen ihre Entstehung.

Conidienträger des Pilzes in Form eines *Aspergillus*. Bau der normalen Conidienträger. Zur Frage der Keimfähigkeit kleinster Conidien bei *Ascomyceten*. Ausser den Bulbillen besitzt *Papulaspora aspergilliformis*, wie bereits angedeutet, noch andere Vermehrungsarten. Es gehören zu ihr äusserst zierliche Conidienträger, welche vollständig den Typus eines *Aspergillus* mit Stiel, Köpfchen und auf letzterem sitzenden unverzweigten Sterigmen nachahmen, Taf. XXIII. Fig. 7b. und d. Diese Conidienträger bekommen oftmals in der Entwicklung des Pilzes die Oberhand und ich habe viele Culturen gehabt, wo die Bulbillenerzeugung ganz in den Hintergrund trat, dagegen die Conidienträger um so reichlicher am Luftmycelium sich entwickelten. Sie bedeckten dasselbe über und über in Form gestielter grauweisslicher Pünktchen, welch letztere Farbe makroskopisch den Köpfchen sammt deren Conidien zukommt. Es ist leicht, die Zusammengehörigkeit dieser Conidienträger mit den Bulbillen durch direkten Nachweis zu liefern, durch das Vorkommen beider an dem nämlichen Mycelfaden, Taf. XXIII. Fig. 7, Fig. 13. Ihre eigentliche Bildungsstätte ist das spontan gewachsene Luftmycelium, an welchem sich, wie es scheint, mitunter jeder Ast in einen Conidienträger umwandeln kann; nach Aussaat der Bulbillen in Nährlösung dagegen lieferte das aus letzteren entstandene Mycel fast nur neue Bulbillenanlagen, sehr selten vereinzelte Conidienträger.

Die letzteren sind stets in allen ihren Theilen vollkommen farblos (in älteren mit Alkohol und Ammoniak behandelten, in Glycerin conservirten Präparaten färben sie sich, wie auch die farblosen Bulbillenanlagen schwach gelblich), sie sind überaus zart und mit keiner einzigen der bis jetzt bekannten *Aspergillus*arten zu identificiren[1]). Während die Conidienträger der letzteren nach erfolgter Reife stark verdickte Membran besitzen, inhaltsleer geworden sind, in ihrem ganzen Verlauf gleichen Durchmesser, nur selten Verzweigungen und keine Scheidewände zeigen, sind diejenigen der *Papulaspora aspergilliformis* sehr zartwandig, mit Plasma erfüllt, an der Basis gewöhnlich breiter als an dem oberen in das Köpfchen übergehenden Theil; ferner sind sie

[1]) An eine Aehnlichkeit mit den derben, grossen Conidienträgern von *Aspergillus (Sterigmatocystis?) albus* kann nicht im Entferntesten gedacht werden. Ich habe hier speciell die Wilhelm'sche Species *A. albus* im Auge (l. c. pag. 68), welche ich an den in Rabenhorst, *fungi europaei* ausgegebenen Exemplaren verglich.

sehr häufig verzweigt und mit zahlreichen, nicht selten rasch auf einander folgenden Scheidewänden versehen, Taf. XXIII. Fig. 7. Ihre Länge ist sehr gering, höchstens 0,3—0,4 Mill.; die meisten stehen aber weit unter dieser Grösse, besonders wenn sie, wie unten noch auszuführen, mit Chlamydosporen zusammen vorkommen; der Durchmesser der Traghyphe beträgt am Grunde im Mittel 10, an der Spitze unterhalb des Köpfchens 6,5 Mikr.

Das Köpfchen ist bei normalen Conidienträgern stets kugelrund, Taf. XXIII. Fig. 7b., im Durchmesser von 12—13 Mikr. Auf dem Köpfchen sitzen am oberen und unteren Theil desselben ringsum einfache Sterigmen mit dickerem Bauch und höchst feinem, fast strichförmigem oft sehr verlängertem Halstheil, Taf. XXIII. Fig. 7, Fig. 13c, Fig. 14c und d. Auf dem letzteren werden die Conidien reihenweise abgeschnürt; sie bedecken das Köpfchen dann in dichter Ansammlung, fallen jedoch leicht zu Boden.

Die Conidien sind farblos, rund oder oval, glatt und von spermatienartiger Kleinheit; nach Schätzungen ist ihre Grösse von 1,5 bis 2 Mikr. anzunehmen. Ich machte eine sehr grosse Zahl von Versuchen, um diese Conidien zur Keimung anzuregen; es ist mir trotz aller Mühe niemals gelungen. In der Nährlösung blähten sich viele derselben auf, wurden inhaltsleer und verschwanden durch Auflösung. Andere lagen auch nach Wochen noch unverändert auf dem Objektträger. Damit ist freilich, wie ich glaube, durchaus noch nicht gesagt, dass sie überhaupt keimungsunfähig seien; es kommt mir doch sehr unwahrscheinlich vor, dass diese auf typischen Trägern in so ungeheuren Mengen abgeschnürten Zellchen ganz nutz- und zwecklos, nur zur Erschöpfung des Mycels beitragend, erzeugt werden sollten. Ich kann mich daher auch nicht der Theorie anschliessen, dass diese und ähnliche Bildungen bei verschiedenen *Ascomyceten*[1]) „rudimentär gewordene Organe" seien, und vermuthe vielmehr, dass wir dort wie hier nur noch nicht die richtigen Bedingungen für ihre Weiterentwicklung aufgefunden haben.

Variationen und Monstrositäten bei Ausbildung der Conidienträger. Monströse Bildungsabweichungen von der gewöhnlichen Form der beschriebenen Conidienträger kommen bei *Papulaspora aspergilliformis* ausserordentlich häufig vor; an mannigfaltiger Gestaltungsfähigkeit nach dieser Richtung hin wird der Pilz gewiss von keinem einzigen *Aspergillus* übertroffen. Da verkürzt sich der Conidienträger abnorm, das Köpfchen streckt sich bedeutend

[1]) Brefeld, Schimmelpilze. IV. Heft, Zopf, l. c. pag. 237.

in die Länge oder gabelt sich wohl auch, einzelne Sterigmen oder deren Hälse verlängern sich auffallend oder rücken an dem Träger herunter, aus dem sie rings vereinzelt hervorbrechen, Taf. XXIII. Fig. 7c und d.

Wieder andere Conidienträger bilden Verzweigungen und Anschwellungen besonderer Art, an welchen die Sterigmen gleichsam verkehrt, mit den Hälsen nach unten, aufsitzen und in seltenen Fällen treibt ein Sterigma zwei Hälse aus, an deren jedem Conidien abgeschnürt werden, Taf. XXIII. Fig 15. Weitere Vereinfachungen bestehen darin, dass die Conidienträger bloss gerade aufgerichtete Hyphen ohne Köpfchen darstellen, welche in verschiedener Höhe Sterigmen tragen und deren Ende ebenfalls in ein Sterigma ausläuft. Endlich kommen an gewöhnlichen Mycelfäden oft weithin vereinzelte Sterigmen zur Entwicklung, so dass also vom ausgebildeten *Aspergillus*-Conidienträger bis zum isolirten flaschenartig am Mycel festsitzenden und Conidienketten abschnürenden Sterigma alle nur möglichen Uebergänge zu finden sind. Die letzteren Bildungen verhalten sich conform den schon bei *Helicosporangium* erwähnten; die Zeichnung Taf. XXIII. Fig. 3c kann demnach für beide Pilzarten zugleich gelten.

Die Chlamydosporen. Ihr Vorkommen, Entstehen, Aussehen und ihre Keimung. Wir gelangen zur letzten Vermehrungsart im formenreichen Entwicklungsgang der *Papulaspora:* zur Chlamydosporenbildung. Diese Fortpflanzungsweise scheint bei *Papulaspora aspergilliformis* weitaus die gewöhnlichste und oft alleinige zu sein: ich habe das Mycel des Pilzes nur mit Chlamydosporen besetzt und ohne jede Spur von Bulbillen oder Conidienträgern, ungemein häufig in meinen Culturen angetroffen.

Die Entstehung der Chlamydosporen erfolgt auf büschelartig vom Mycel emporsteigenden, verzweigten und septirten Trägern, deren Enden in längere oder kürzere, unten erweiterte, nach oben scharf zugespitzte, fast oder ganz gerade Basidien auslaufen, die farblos sind, im Alter jedoch sich schwach bräunen und doppelte Contouren erhalten, Taf. XXIII. Fig. 14b, Fig. 16. Sie sind unter sich derart inserirt, dass immer die älteren, welche dem Tragfaden aufsitzen, selbst wieder nach allen Seiten jüngere senkrecht oder im Winkel abgehende Basidien tragen; auf jedem von diesen stehen dann bei üppiger Fruktifikation oft 5—6 neue immer eines unmittelbar auf dem andern, wobei das jüngste Basidium häufig am kürzesten ausfällt.

Die Basidiumspitze ist der Ausgangspunkt für je eine Chlamydospore: es kommt daselbst ein kleines farbloses Köpfchen zum Vorschein, Taf. XXIII. Fig. 14e, Fig. 13b, welches rasch anschwillt,

oval wird, sich gelblich färbt und endlich die definitive Grösse der Chlamydospore erreicht, Taf. XXIII, Fig. 14a, Fig. 16.

Die reife Chlamydospore fällt sehr leicht von ihrem Basidium ab, sie ist vollkommen oval, einzellig, von gelbbrauner Farbe, mit doppelter derber Wandung versehen und mit feinkörnigem Plasma erfüllt, in welchem sich eine dichtere Ansammlung, ein Zellkern, befindet, Taf. XXIII. Fig. 14a. Die Chlamydosporen zeichnen sich durch ihre ungewöhnliche Grösse aus; sie messen durchschnittlich 24—26 Mikr. in der Länge, 21—23 Mikr. in der Breite.

Sie sind leicht keimfähig; bei Aussaat in Nährlösung (Mistabkochung) zeigen sie nach 24 Stunden das Exosporium gesprengt und durch den Riss ist eine farblose Blase als Anfang des Keimschlauches hervorgetreten, Taf. XXIII. Fig. 17. Die Blase verlängert sich in ein bis drei Aeste, die ihrerseits sich septiren und zum Mycel verzweigen, auf welchem wiederum Chlamydosporen in reichlicher Menge gebildet werden.

Zugehörigkeit der beschriebenen Fortpflanzungsarten in einen einzigen Entwicklungskreis. Noch aber beweist nichts in der bisherigen Schilderung, dass die beschriebenen Chlamydosporen auch wirklich dem Entwicklungskreis der *Papulaspora aspergilliformis* angehören. Dieser Nachweis ist allein nur zu führen durch Beobachtung des direkten Zusammenhangs dieser Sporen mit den übrigen Fruktifikationen des Pilzes.

Hierfür bietet die Cultur in Nährlösungen kein günstiges Mittel dar; es ist mir unter sehr zahlreichen Aussaaten von Chlamydosporen nur höchst selten gelungen, am Mycel neben neuen Chlamydosporen auch einzelne Conidienträger in Gestalt der charakteristischen *Aspergillus*form zu erhalten, Bulbillen entstanden dabei gar nicht, ebensowenig wie nach Aussaat der letzteren Chlamydosporen sich bildeten. Dagegen habe ich bei den im Grossen von mir vorgenommenen Culturen der *Papulaspora* nicht selten den unmittelbaren Zusammenhang ihrer verschiedenen Fortpflanzungsorgane vor Augen bekommen. Besonders schön zeigte sich dies bei Gelegenheit einer mit Hülfe von sechs Blumentopfuntersätzen im Wärmkasten bei 20—22° C. vorgenommenen Keimungsuntersuchung von alten Sojabohnen, welche statt zu keimen, fast sämmtlich verschimmelten und ein ergiebiges Substrat für *Papulaspora aspergilliformis* abgaben. Hier war der Zusammenhang der Chlamydosporen, der Bulbillen und der Conidienträger in allen Formen und Entwicklungen an einem gemeinsamen Mycel unzweifelhaft mit aller Klarheit zu übersehen. Wegen Mangel an Raum habe ich zur Demonstration dieses Gegenstandes nur zwei

kleinere von meinen Zeichnungen ausgewählt. Aus Taf. XXIII. Fig. 14 geht hervor, dass auf Chlamydosporenbasidien sitzende Aeste, statt selbst in ein Basidium sich zu gestalten, in mehr oder weniger lang gestielte zierliche Conidienträger mit Köpfchen, Sterigmen und daran sich abschnürenden Conidien übergehen können und Taf. XXIII. Fig. 13. zeigt auf langem, oftmals septirtem Tragfaden gleichzeitig einen Conidienträger c, eine verkrüppelte Bulbille a und endständig eine junge Chlamydospore b entwickelt.

Uebrigens fand ich die drei Fruktifikationen der *Papulaspora* nur selten in solcher Weise nahe vereinigt vor, sondern meist räumlich etwas von einander entfernt, aber ebenfalls sämmtlich aus einem gemeinsamen Mycelium hervorgegangen.

Zur Systematik des Pilzes. Die *Papulaspora aspergilliformis* nimmt meinen Beobachtungen zufolge eine ganz besondere Stellung ein im Pilzsystem. Ist sie auch aus Mangel an Sporenschläuchen kein richtig typischer *Ascomycet*, so muss sie doch als unmittelbares Anhängsel dieser Klasse betrachtet werden. Für das Fehlen der Asci hat die *Papulaspora* reichlichen Ersatz gefunden in ihren Chlamydosporen sowie in der Keimfähigkeit ihrer eigenthümlichen Bulbillen, deren Anlagen morphologisch vollständig die Primordien der Fruchtkörper vieler *Ascomyceten* nachahmen, jedoch nicht bis zur Schlauchbildung gelangen. Die Bulbillen sind es jedenfalls, welche bei dem Pilz die Stelle von Perithecien vertreten. Und wie die Bulbillen als unvollkommene Fruchtkörper anzusehen sind, so ist auch die Leistung der Conidienträger bei *Papulaspora* wie es scheint nur mangelhaft. Trotzdem dieselben die ausgesprochenste und niedlichste *Aspergillus*form repräsentiren, welche ich kenne, bleiben sie doch stets äusserst zart, mit grösster Vorliebe zu Vereinfachungen und Monstrositäten übergehend; die auf den Köpfchen erzeugten Conidien erscheinen wie verkümmert und sind entgegen den echten *Aspergillus*sporen unter bis jetzt bekannten Verhältnissen unfähig zur Keimung.

So ist es wohl möglich, dass in der *Papulaspora* eine Sprosse vorliegt auf der Stufenleiter von echten Ascosporen führenden Fruchtkörpern aus zu Pilzen mit einfacheren Sporenbildungen. In der That gleicht die in ihrer Zellenzahl reducirte kleine *Papulaspora*-bulbille bereits ganz den vollkommneren Sporenknäueln des *Helicosporangium* und von den einfachsten fast unberindeten Sporenknäueln dieses Pilzes aus wäre es nicht schwierig, den Verbindungsfaden an verschiedene einfachere und, soviel wir wissen, blos Conidien erzeugende *Hyphomyceten* anzuknüpfen.

Schlussbemerkungen.

Ich habe der vorstehenden Arbeit nur wenig hinzuzufügen. Einige Bemerkungen möchte ich mir gestatten über die von Brefeld[1]) neuerdings befürwortete Degradirung des Ascus zum blossen Sporangium, sowie über dessen Theorie von der rückschreitenden Metamorphose bei den Pilzen.

Ich muss gestehen, dass mir diese Ansichten nicht gerade auf besonders kräftigen Stützen zu ruhen scheinen. Behufs Erzeugung der Asci werden offenbar bei allen Pilzen ganz besonders complicirte Vorrichtungen getroffen. Immer ist es ein auffallender am Mycel entstehender Apparat, oftmals macht derselbe das Stattfinden eines sexuellen Processes wahrscheinlich oder es finden ausserdem noch reichliche Entwicklungen statt, wodurch Fruchtkörper u. s. w. zu Stande kommen, in deren Innenraum sich die Sporenschläuche eingeschlossen finden. Vielleicht machen die Asci von *Ascomyces, Taphrina* und *Exoascus* eine Ausnahme und es entstünde dann allerdings die Frage, ob diese Organe hier wirklich als Sporenschläuche zu bezeichnen sind. Jedenfalls bin ich mit Brefeld darin einverstanden, den Ascus bei *Saccharomyces* fallen zu lassen. Bei allen übrigen *Ascomyceten* aber finden meines Wissens die oben angedeuteten Verhältnisse statt, während das Sporangium[2]) stets eine nackte und ungeschlechtliche Propagationsform der Pilze darstellt. Am besten zeigen dies die *Mucorineen* und *Saprolegnieen* selbst, wo neben den Sporangien noch die unzweifelhaft sexuell entstandenen Oosporen und Zygosporen gebildet werden.

Was aber die Sexualität der Pilze betrifft, so scheinen hier allerdings sehr abweichende Verhältnisse obzuwalten. Damit aber ist noch lange nicht gesagt, dass die Pilze ihre Sexualität verloren haben oder im Begriff stehen, sie zu verlieren. Ein solcher Vorgang würde mit der übrigen Ordnung in der organischen Natur im Widerspruch stehen, denn dieselbe ist ja, vom einzelnen Individuum natürlich abgesehen, nicht im Rückschritt, im Verlust vollkommnerer Eigenschaften, sondern nur im stetigen Vorschreiten begriffen. Ich finde es viel wahrscheinlicher, dass die Pilze weder ihre Sexualität verloren haben, noch dass sie dieselbe erst bekommen sollen, sondern dass sie sie mit Ausnahme einer unbekannten Zahl überhaupt schon

[1]) Schimmelpilze IV. Heft. 1881.

[2]) Die Pykniden und Spermogonien müssen überhaupt wohl von anderem Standpunkt aus betrachtet werden.

haben und schon seit unbestimmbaren Zeiträumen gehabt haben. Naturgemässer und unserer Erfahrung mehr entsprechend dürfte die Annahme sein, dass ein Theil der Pilze ausgesprochen sexuell ist und die Primordien ihrer vollkommensten Früchte morphologisch constant sind, dass ein anderer Theil dagegen seltener in die Sexualität eintritt, dieselbe auch in solchen Fällen nicht vollkommen sicher nachzuweisen ist und dass hier die Formen der Primordien in mehr oder minder erheblichem Grade variiren, wohl auch bei massenhafter Entwicklung der Fruchtkörper auf den nämlichen Nährboden zuletzt von deutlich morphologisch differenzirter Anlage aus successive in eine Art von Sprossung übergehen. Bei den übrigen Pilzen endlich finden sich überhaupt gar keine Anzeichen mehr, welche für deren Sexualität sprächen.

Es ist einleuchtend, dass Spekulationen über diese Verhältnisse sowie über Reduktion einzelner Organe und über die Zusammengehörigkeit der Pilze im Allgemeinen stets zur weiteren Forschung anregen und zum Verständniss des Erforschten beitragen helfen. Dabei darf aber nicht vergessen werden, dass alle derartigen theoretischen Erörterungen allein nur von dem augenblicklichen Stand des Wissens ausgehen können; dieses Wissen wird aber im Gegensatz zu dem noch Unbekannten immer seine grossen Lücken haben und demgemäss besitzt auch jede Theorie ihre Gebrechen. Viel wichtiger erscheint es mir daher, neue Thatsachen ans Licht zu fördern; von ihnen hauptsächlich ist der Fortschritt in aller Wissenschaft zu gewärtigen.

Breslau, im October 1883.



Erklärung der Abbildungen.

Tafel XIX.

Eremascus albus.

Fig. 1. Keimung der Ascosporen. a. Hervordringen des Keimschlauches an einer, b. an zwei Seiten.

Fig. 2. Verlängerung und Verzweigung der Keimschläuche.

Fig. 3. Entstehung des Mycels.

Fig. 4. Aufschwellungen und Verbiegungen der Mycelhyphen. Entwicklung der Fortpflanzungsorgane.

Fig. 5, 6 und 7. Primordialanlagen, von zwei benachbarten Hyphen gebildet, die sich ein- oder mehrere male eng schraubig umwinden.

Fig. 8 und 10. Abgliederung der beiden Copulationszellen am oberen Theil der Schraubenhyphen. In Fig. 10 wird die eine Schraubenhyphe von einem ganz kurz endenden Mycelast gebildet.

Fig. 9. Sehr kräftig entwickelte Primordien, zu vieren in Wirtelstellung rings um einen Mycelfaden entstanden. Auf dem ursprünglichen Fundort des Pilzes, der Oberfläche verschimmelten Malzextraktes, gewachsen. Die Enden der Schraubenhyphen in a, b und c verjüngen sich und stehen sich zangenartig gegenüber.

Fig. 11. Beginn der Copulation bei b; Verschmelzung des Protoplasma der beiden Copulationszellen.

Fig. 12. Copulation bei b; bei a Scheidewände der Copulationszellen.

Fig. 13. Kuglige Aufschwellung an der Spitze der beiden copulirten Zellen.

Fig. 14. Wie vorige Figur; die Copulation hat aber stattgefunden ohne schraubige Umwindung der copulirenden Zellen; deren Scheidewände a stehen in ungleicher Höhe.

Fig. 15 und 16. Je drei Ascusanlagen an einem Mycelfaden, nahe bei einander stehend und in verschiedenen Alterszuständen befindlich. Bei einigen der Anlagen ist, wie in Fig. 14 die schraubige Umwindung der Primordialhyphen unterblieben, bei den andern dagegen mehr oder weniger deutlich ausgeprägt. Ein und die nämliche Mycelzelle entwickelt öfters zwei und wohl auch mehr Schraubenhyphen (z. B. auch in Fig. 9), welche für sich getrennten Anlagen zugehören. In Fig. 15 bei b eben beginnende Anschwellung an der Spitze der copulirten Zellen. Bei c in Fig. 15 und 16 hat sich die Anschwellung bedeutend vergrössert und die Form einer Kugel angenommen. Daselbst erfolgte auch schon die Abtrennung der Kugel von ihren Trägerzellen e und f als selbstständige Ascuszelle. Bei d in Fig. 16 entstehen die Scheidewände sehr tief und es wird in Folge dessen noch ein Stück der beiden Trägerzellen mit in den Bereich des Ascus aufgenommen. a ursprüngliche Scheidewände der beiden Copulationszellen.

Fig. 17 und 18. Differenzirung des Protoplasma innerhalb des Ascus behufs Ausbildung der acht Schlauchsporen.

Fig. 19. Die Ascosporen sind herangereift; die Traghyphen des Ascus beginnen sich aufzulösen. Fig. 18 ist in künstlicher Nährlösung gewachsen, wobei die schraubige Umwindung der Anlagen resp. Traghyphen oft nur mangelhaft vor sich geht oder ganz unterbleibt, entgegen Fig. 17 und 19 vom natürlichen Nährboden.

Fig. 20. Reifer Ascus, dessen Träger bereits verschwunden sind und dessen Membran ebenfalls der allmählichen Auflösung anheimfällt.

Fig. 21—23. Verschiedene abnorme Zustände. Fig. 21 und 23 bei a gegenseitige Berührung der Copulationszellen, welche in Fig. 23 bedeutend aufschwellen; die Copulation unterbleibt aber in beiden Fällen. In Fig. 22 ist zwar die Copulation erfolgt, sowie die Abgliederung des Ascus b, letzterer bringt es jedoch nicht bis zur Sporenbildung, sondern er bleibt steril; in Fig. 23 b ist er bedeutend aufgeschwollen.

Fig. 24. Ein einziger Hyphenast hat, ohne sich wie sonst mit einer zweiten Hyphe schraubig zu umwinden und mit derselben zu copuliren, an seiner Spitze parthenogenetisch einen Ascus mit acht normalen Sporen hervorgebracht.

Fig. 25. Die Endzelle einer Hyphe ist unförmlich aufgeschwollen; sie enthält entgegen der vorigen Figur statt Ascosporen nur eine Menge verschieden grosser Protoplasmakugeln.

Vergrösserung von Fig. 3 und 4 = 300 fach; Fig. 2 = 500 fach; Fig. 5—25 = 900—1000 fach; Fig. 1 = 1200 fach.

Tafel XX.

Eremascus albus.

Fig. 1. Mycelrasen des Pilzes, in Pflaumenabkochung auf dem Objektträger erzogen; mit zahlreichen Fruktificationen bedeckt. Vergr. 12 fach.

Chaetomium Kunzeanum Zopf.

Fig. 2. Carpogonium, lang gestielt und oben dicht schraubig zusammengerollt; die letzten Windungen der Schraube sind unregelmässig verschoben. Vergr. 500 fach.

Fig. 3. Carpogonium mit langem Stiel in weiter vorgerücktem Zustand. Es beginnt an verschiedenen Stellen das Aussprossen von Hyphenästen. Vergr. 500 fach.

Fig. 4. Junges sitzendes Carpogonium; Beginn der Hyphenaussprossung. Vergr. 500 fach.

Fig. 5. Drei Carpogone a, b und c, das mittlere gestielt, die beiden seitlichen sitzend, alle an dem nämlichen Mycelfaden; sehr reichliches Aussprossen feiner Hyphen. Vergr. 500 fach.

Fig. 6. Junges Perithecium mit Stiel; einzelne Zellen der Peritheciumwand beginnen in Haare auszuwachsen. Vergr. 500 fach.

Sterigmatocystis nidulans.

Fig. 7. Fruktificirender Rasen des Pilzes, auf Cohn'scher Bakteriennährlösung schwimmend; das mit Krystallen durchsetzte Mycelium ragt in Form spitz zulaufender farbloser Flocken tief hinein in die Flüssigkeit. $^1/_2$ nat. Grösse.

Fig. 8. a Conidiensporen der *Sterigmatocystis;* b dieselben im Beginn der Keimung; d Keimschläuche verzweigt und septirt; c die abgeschnürten Sporenketten bleiben mit einander verklebt und sind von den Conidienträgern abgefallen in Form undurchsichtiger cylindrischer Würstchen. a, b und d Vergr. 300 fach; c. Vergr. 50 fach.

Fig. 9. Auf dem Objektträger cultivirtes Mycel, aus einer Conidienspore hervorgegangen. Das Mycel hat bereits zahlreiche neue Conidienträger entwickelt. Vergr. 12 fach.

Fig. 10. a die Spitze eines reifen kräftigen Conidienträgers mit Köpfchen, verzweigten Sterigmen und zahlreichen langen Sporenketten. b und c Entstehung der Sterigmen. Vergr. 500 fach.

Fig. 11. Verzweigte Conidienträger der *Sterigmatocystis nidulans.* Vergr. 500fach.

Fig. 12. Zwei sehr kleine Conidienträger; die Verzweigung der Sterigmen ist deutlich sichtbar. Vergr. 500 fach.

Fig. 13. Ein Conidienträger, dessen Sterigmen vielfach unter sich anastomosiren. Vergr. 500 fach.

Fig. 14 u. 15. Kümmerliche Zwergbildungen von Conidienträgern. Vergr. 500fach.

Fig. 16. Wie vorige Figur. Die Conidienträger sind abnorm reducirt auf einzelne isolirte unmittelbar dem Mycel aufsitzende Sterigmen. Vergr. 500 fach.

Fig. 17. Ein Conidienträger hat nach allen Seiten hin zahlreiche secundäre zum Theil selbst wieder unregelmässig geformte Conidienträger ausgetrieben. Vergr. 750 fach.

Tafel XXI.

Sterigmatocystis nidulans.

Fig. 1. Von der fruktificirenden Oberfläche des Rasens auf Taf. XX. Fig. 7 bei stärkerer Vergrösserung. Die Conidienträger entspringen massenhaft vom Mycel; in demselben finden sich zwei Fruchtkörper eingebettet, welche durch ihr Wachsthum die Oberfläche wellig emporgewölbt haben. Die im Durchschnitt gezeichneten runden Fruchtkörper sind rings umgeben von der umfangreichen Schicht ihrer Blasenhüllen. Vergr. 120 fach.

Fig. 2. Entstehung der Blasenhülle. Von den dickeren älteren Mycelhyphen wächst durch Neusprossung ein sehr zartes secundäres Mycel hervor, dessen Fäden sich reichlich verzweigen und theils lang hinkriechen, theils kurz bleiben, um an den Stellen a dichte Aussprossungen zu entwickeln. Vergr. 120 fach.

Fig. 3. Die secundär ausgesprossten feinen Hyphen von den Stellen a der vorigen Figur bei stärkerer Vergrösserung. Anastomosen mit den älteren Mycelfäden erkennbar. Vergr. 750 fach.

Fig. 4. Die Verzweigung bei a der Fig. 2 ist weiter fortgeschritten, äusserst dicht geworden und so ein rundlicher Knäuel zu Stande gekommen. Vergr. 750 fach.

Fig. 5. Die Hyphenenden des Knäuels schwellen auf zur Bildung der Blasenhülle. Vergr. 750 fach.

Fig. 6. Bei a wird die Membranverdickung der blasig geschwollenen Hyphenzweige erkennbar und ist in b, c und d vollendet. Blasen rund oder länglich, Verdickung auf der Innenseite der Blase mit unregelmässigen Zacken versehen. In b und d findet neben den bereits ausgewachsenen die Neubildung junger Blasen statt durch Aufschwellen einzelner Seitenäste. Vergr. 750 fach.

Fig. 7. Junger Fruchtkörper, in den weiten Mantel seiner Blasenhülle central eingelagert. Vergr. 300 fach.

Fig. 8. Primordialanlage des Fruchtkörpers, welche inmitten der Blasenhülle (über die Stellung des Fruchtkörpers vergl. Fig. 1 und 7 dieser Tafel) von Seite zweier äusserst feiner Hyphen ausgeht. Vergr. 750 fach.

Fig. 9—14. Weiter vorgeschrittene Zustände der Fruchtkörperanlagen; Fig. 10 und 11 im optischen Durchschnitt gezeichnet. Bei Fig. 9, 13 und 14 sind die jungen Anlagen mit einem langen aus zopfartig verflochtenen Hyphen bestehenden Stiel versehen, Fig. 12 dagegen zeigt eine stiellose Anlage, unmittelbar den zwei Mycelhyphen, von welchen sie ausgegangen ist, aufsitzend. Vergl. den Text pag. 406 und 407. Vergr. 750 fach.

Tafel XXII.

Sterigmatocystis nidulans.

Fig. 1. Junger Fruchtkörper; die Peritheciumwand ist durch gelinden Druck gesprengt und der Inhalt hervorgetreten. Letzterer besteht aus langen, durchweg gleichartigen und streckenweise angeschwollenen, farblosen und plasmareichen Hyphen, während die Rinde davon getrennt, gelb gefärbt und aus Pseudoparenchym zusammengesetzt ist. Rinde sowohl als Innenkern färben sich auf blossen Zusatz vou Alkalien intensiv blau, auf Säurezusatz roth. Vergr. 750 fach.

Fig. 2. Querschnitt durch einen erwachsenen Fruchtkörper, in welchem die Bildung von Ascosporen bereits in vollem Gange ist. Ringsum an der Peripherie befindet sich die im reifen Zustand dunkel schwarzrothe, stark verdickte meist zweischichtige Rinde; der Innenraum ist mit dünneren und dickeren Hyphen sowie daran sitzenden jungen und älteren Sporenschläuchen erfüllt. Das Ausreifen der Asci findet ganz ungleichmässig statt: einige sind nahe daran, die acht Ascosporen zu entwickeln, während dieselben bei anderen bereits vollkommen ausgebildet sind und dann purpurfarben erscheinen. Alkalien und Säuren färben die noch unreifen Theile des Fruchtkörpers ebenso, wie es bei voriger Figur angegeben wurde. Vergr. 400 fach.

Fig. 3. Die Rindenzellen des Perithecium resp. deren Verdickungen von oben gesehen. Vergr. 400 fach.

Fig. 4. Eine Hyphe aus dem reifenden Perithecium, mit zahlreichen dick aufgeschwollenen Aesten, welche späterhin sich in Sporenschläuche umgestalten. Vergr. 750 fach.

Fig. 5. Weiter vorgeschrittener Zustand. An der Hyphe sitzt oben ein sehr junger Sporenschlauch, links zwei eben reifende und rechts einer a, in welchem bereits die doppelwandigen, ovalen, purpurfarbenen Ascosporen vollkommen ausgereift sind. Vergr. 750 fach.

Fig. 6. Die Ascosporen im Zustand der Quellung und Keimung. Das Exosporium wird in zwei Hälften gesprengt, zwischen welchen der Keimschlauch hervordringt. Vergr. 1000 fach.

Fig. 7. Junges Mycel, an welchem bereits zwei kleine Conidienträger entstanden sind. Bei a die beiderseits anhaftenden Hälften des purpurnen, später violetten Exosporium der Schlauchspore. Vergr. 750 fach.

Fig. 8. Das aus einer Ascospore von *Sterigmatocystis nidulans* hervorgegangene Mycel ist vielfach verästelt und gross ausgewachsen; es besitzt an dem gezeichneten Theil zwei vollkommen reife Conidienträger mit verzweigten Sterigmen. a wie in voriger Figur. Vergr. 750 fach.

Tafel XXIII.

Helicosporangium parasiticum Karsten.

Fig. 1. a—d. Verschiedene Entstehungsarten der Sporenknäuel. a das Ende der spiralig gerollten Hyphe spaltet sich unter Verbreiterung in zwei Lappen, die seitlich hervortreten; d derselbe Vorgang, von vorn gesehen; b es bilden sich gleichzeitig am Spiralende sowie unterhalb desselben Ausstülpungen; c die erste Ausstülpung erfolgt weit zurück, fast am Anfang der Spirale. In e haben die Rindenzellen schon nahezu die sichtbare stark vergrösserte Centralzelle überwachsen; der oberste Spiralbogen bildet eine Art von Ring. f eine sehr einfache berindete Spore des *Helicosporangium*, im Durchschnitt gezeichnet. g die Centralzelle beginnt zu keimen und schickt nach drei Richtungen Keimschläuche aus.

Fig. 2. Ein grösserer reifer Sporenknäuel von *Helicosporangium* mit mehreren keimfähigen Central- und zahlreichen Rindenzellen.

Fig. 3. Ein Mycelstück mit Sporenknäueln und gleichzeitig mit den verschiedenen Conidienformen des Pilzes. Die Sporenknäuel a und b lassen unter der Rinde einige dunkler braun gefärbte Innenzellen erkennen; die Berindung erstreckt sich bei a auch noch auf den Stiel des Knäuels, welcher in b sehr kurz ist. Bei c einfache Sterigmen von flaschenförmiger Gestalt, bei d ein Conidienträger, dem wirtel- und endständig die Sterigmen ansitzen. Letztere schnüren Ketten sehr kleiner und farbloser Conidien ab.

Fig. 4. Ein sehr zellenreicher, gleichmässig brauner Sporenknäuel von *Helicosporangium;* derselbe ist den kleineren Bulbillen der *Papulaspora aspergilliformis* vollkommen gleichgestaltet.

Fig. 5 und 6. Abnorme Zustände der Sporenknäuel von *Helicosporangium.* Bei Entstehung derselben ist die Bildung einer Spiralhyphe unterblieben, so dass die Knäuel nur gekrümmt (Fig. 5) oder ganz gerade (Fig. 6) ausgefallen sind. Jeder Knäuel enthält einige mittlere braune Zellen und die Berindung von Seite farbloser Hyphen ist nur höchst unvollständig.

Papulaspora aspergilliformis.

Fig. 7. Ein Mycelstück mit grossen, braunen, verschieden gestalteten Bulbillen aa und gleichzeitig mit *Aspergillus*-Conidienträgern b und c. Der Conidienträger b ist vollkommen normal, sehr zartwandig, plasmareich, farblos, septirt, unten breiter, mit kugelrundem Köpfchen, an welchem einfache feine Sterigmen Ketten kleinster, farbloser Conidien abschnüren. Der Conidienträger c ist verzweigt, die Sterigmen sind von den Köpfchen aus weit herabgerückt, bei d hat sich noch ein drittes, sehr kleines und kurzgestieltes Köpfchen entwickelt.

Fig. 8. Querschnitt durch eine sehr kräftige Bulbille. Sämmtliche Innen- und Aussenzellen derselben zeigen durchaus gleichartigen Bau; die Zellmembranen sind schwach verdickt und braun gefärbt. Im Centrum befindet sich ein kleiner Hohlraum und daselbst hat die Bulbille mehrere Mycelhyphen eingeschlossen.

Fig. 9. Keimung kleinerer Bulbillen a und b; es werden gleichzeitig rings herum sehr zahlreiche Keimschläuche ausgesendet.

Fig. 10. Anlage der spontan auf dem natürlichen Nährboden gewachsenen grösseren Bulbillen. b und c Primordialzustand in Form reich septirter Hyphen, die sich am Ende spiralig einrollen und hierauf berinden; a und d zeigt die Anlagen als sitzende und gestielte Schrauben, die besonders in letzterem Fall mit der *Eurotium*schraube Aehnlichkeit haben.

Fig. 11 und 12. Anlagen der kleineren Bulbillen; in künstlicher Nährlösung auf dem Objektträger erzogen. Es entstehen Fig. 11 auf lange Strecken des Mycels hin neben einander unregelmässig rundliche Aufschwellungen, die ihrerseits bei a zahlreiche ebenfalls rundliche Auswüchse hervortreiben, welche sich knäuelartig zusammenlegen, vergrössern und schliesslich zur Bulbille gestalten. In Fig. 12 zeigen sich die Anlagen nicht rundlich, sondern mehr gestreckt hyphenartig, mit lappigen kurzen Verzweigungen, die schliesslich grössere oder kleinere Bulbillen von rundlicher oder länglicher Gestalt a constituiren.

Fig. 13. Zeigt unmittelbar neben einander und im direkten Zusammenhang an dem nämlichen Mycelfaden eine verkrüppelte Bulbille a, einen Conidienträger c und eine junge Chlamydospore b.

Fig. 14. Aus geraden scharf zugespitzten Basidien entwickeln sich neben Chlamydosporen gleichzeitig zierliche *Aspergillus*-Conidienträger c und d, welche Reihen farbloser Conidien abschnüren d. Bei b b b die spitzen leeren Basidialenden, bei e entsteht eben eine junge Chlamydospore, bei aa sitzen zwei reife Chlamydosporen noch den Basidien endständig auf.

Fig. 15. Abnormer verzweigter Conidienträger der *Papulaspora*. (Vergl. den Text pag. 421.)

Fig. 16. Ein septirter und verzweigter Chlamydosporenträger mit jungen und ausgereiften Chlamydosporen. Die Verzweigung des Trägers erscheint nur gering den üppigen Bildungen gegenüber, welche man oft am *Papulaspora*mycel antrifft, wenn dasselbe ausschliesslich nur mit Chlamydosporen besetzt ist.

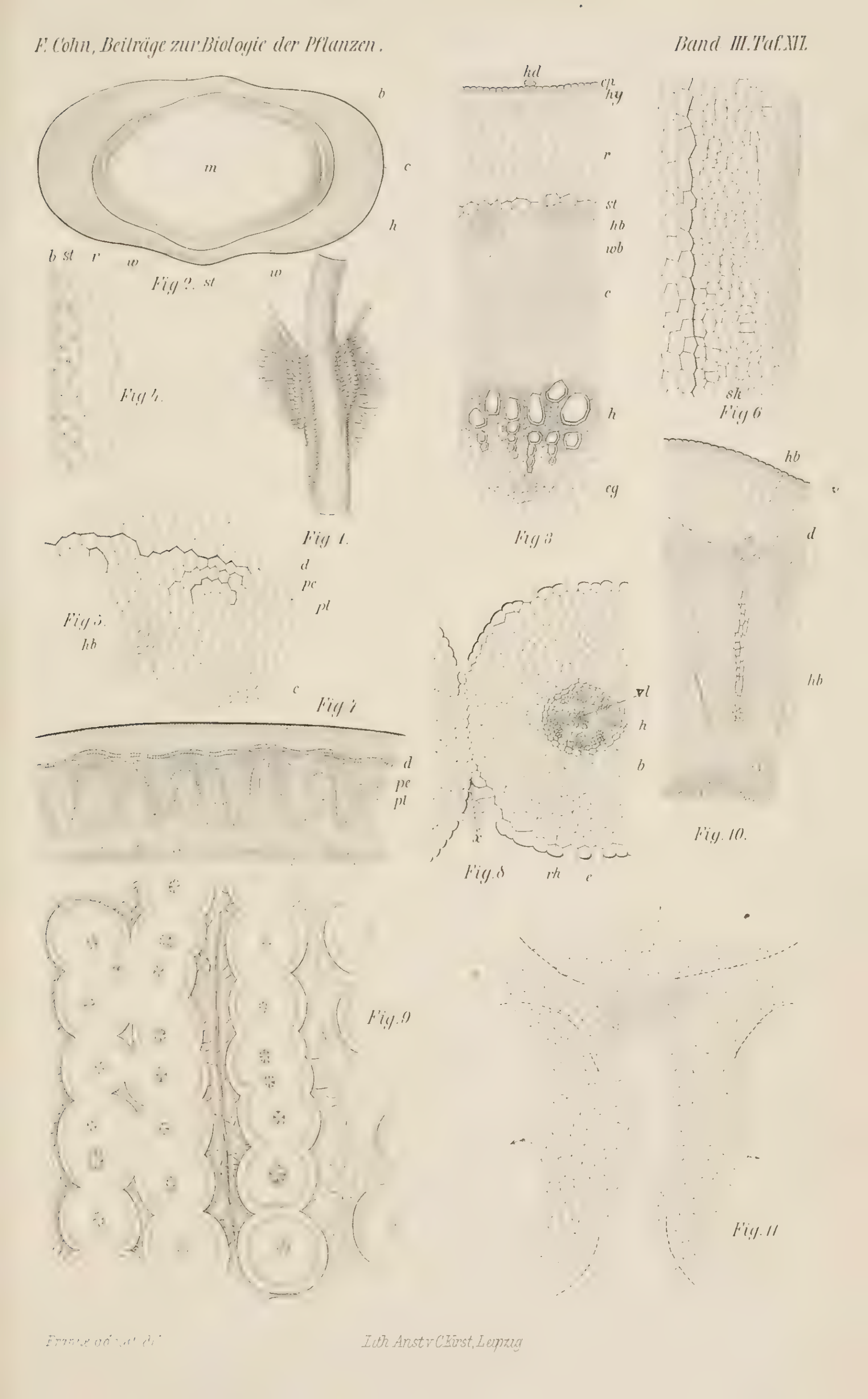
Fig. 17. Keimung der Chlamydosporen.

Vergrösserung von Fig. 7 und 9 = 120 fach; Fig. 16 und 17 = 300 fach; Fig. 1—6, Fig. 8, Fig. 10, Fig. 13—15 = 500 fach; Fig. 11 und 12 = 750 fach.

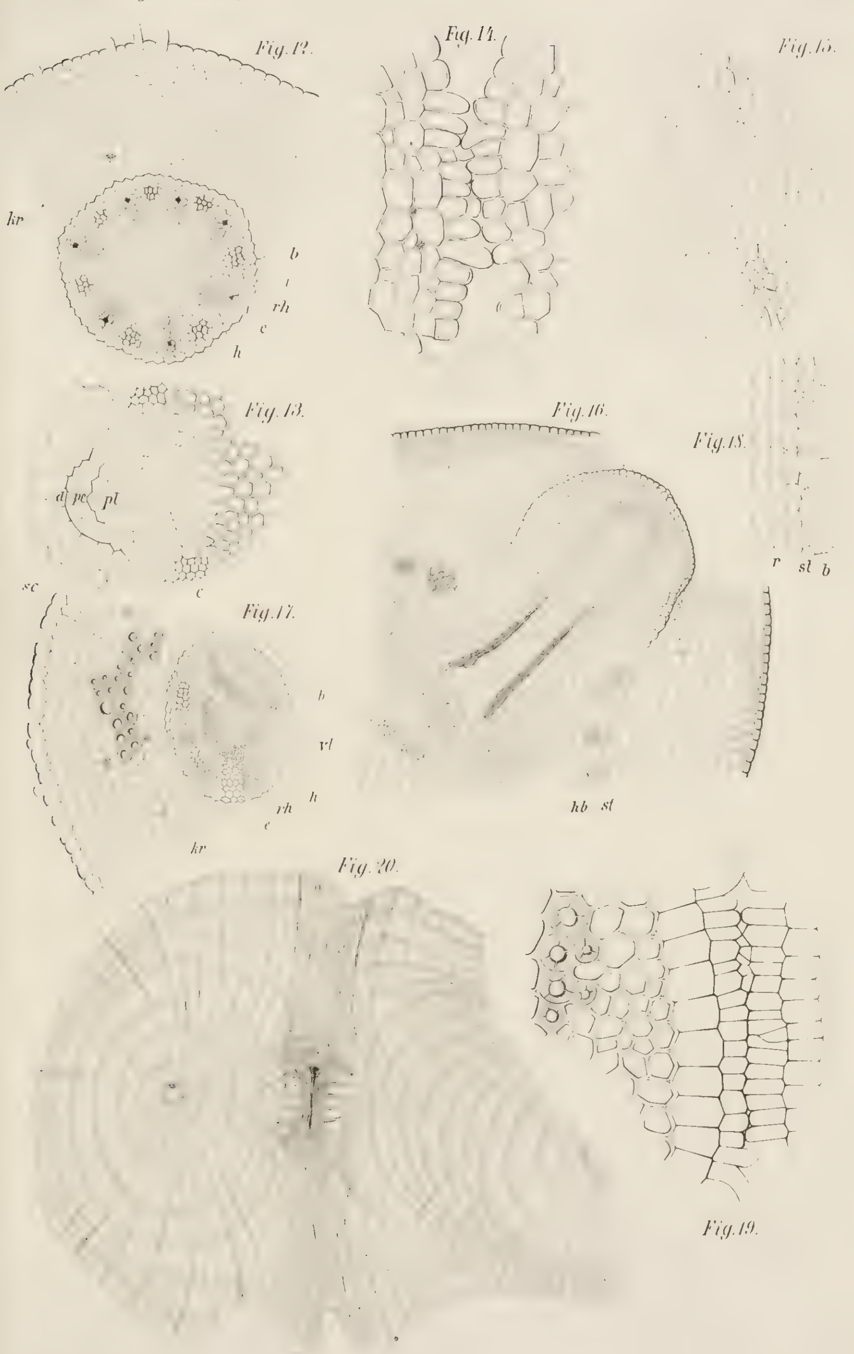
Berichtigung.

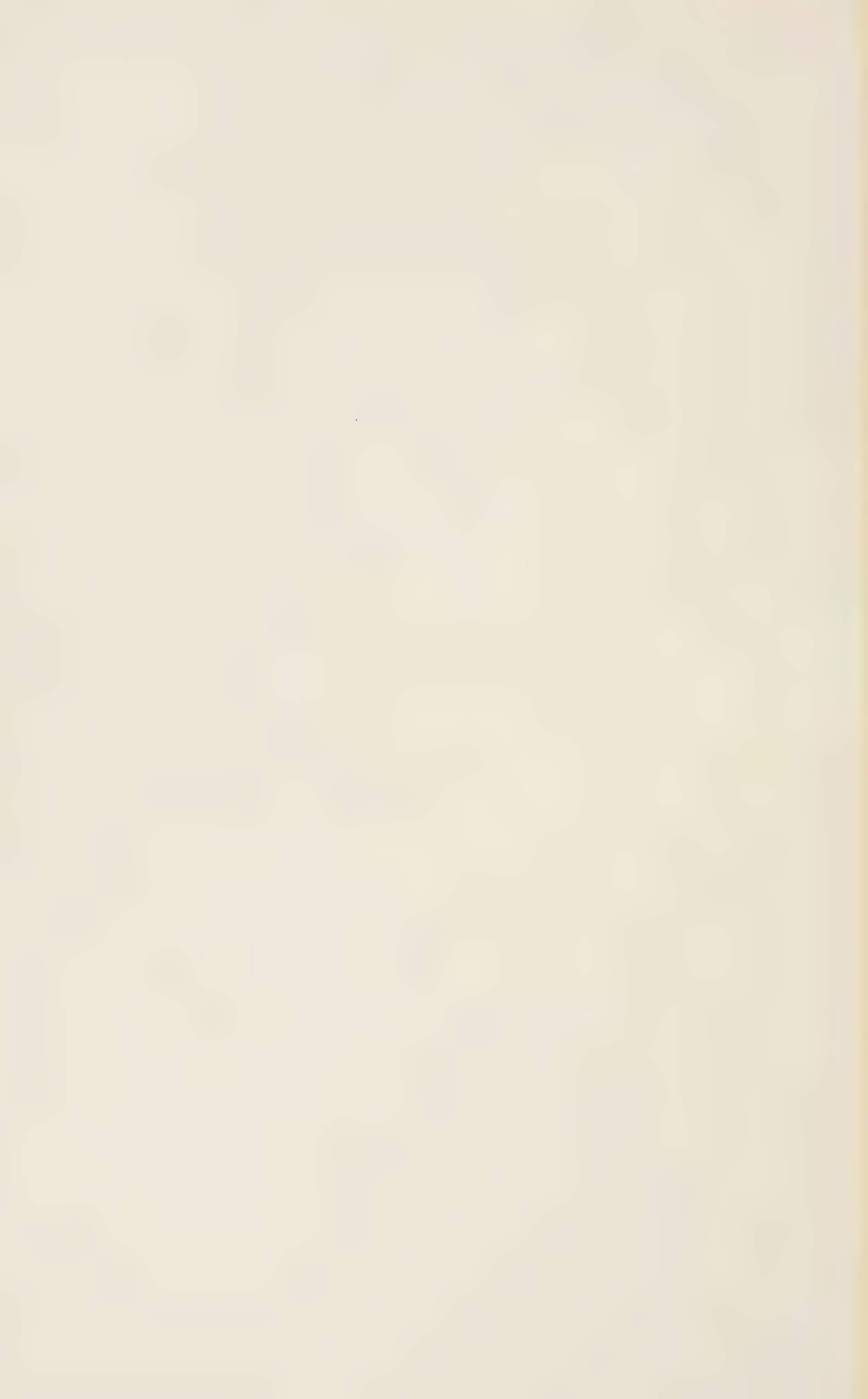
Pag. 381 Zeile 13 und Zeile 28 von oben lies statt Kunzianum = Kunzeanum.

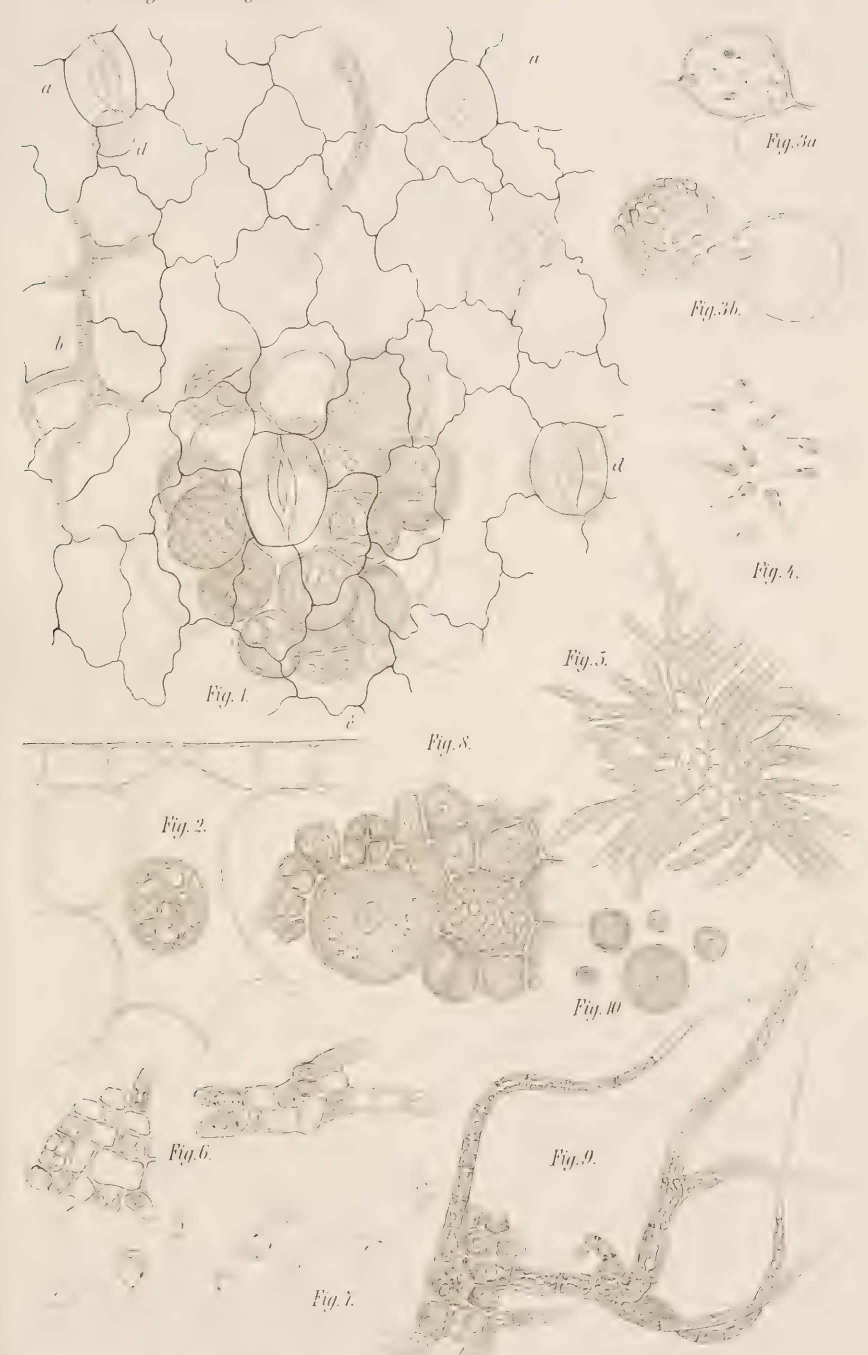
Druck von Robert Nischkowsky in Breslau.


Fig 1.
Fig 2.
Fig 3
Fig 4.
Fig 5.
Fig 6
Fig 7
Fig. 8
Fig. 9
Fig. 10.
Fig. 11
hd
ep
hy
r
st
hb
wb
c
h
eg
m
b
w
sk
d
pc
pl
vl
rh
x

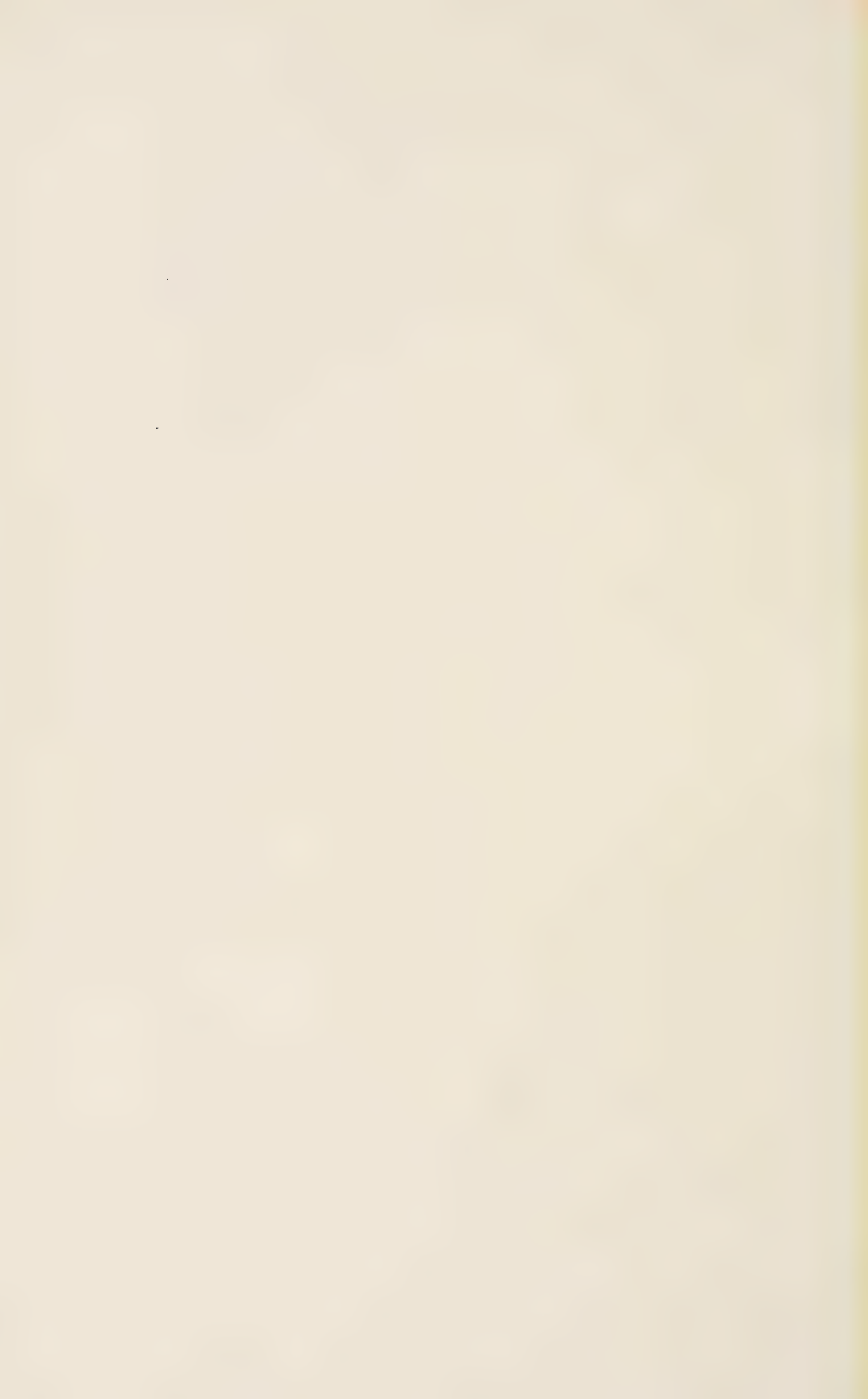



Fig. 12.
kr
b
rh
c
h
Fig. 13.
d
pc
pt
sc
c
Fig. 14.
Fig. 15.
Fig. 16.
Fig. 17.
b
vl
h
rh
c
kr
Fig. 18.
r
st
b
hb
st
Fig. 19.
Fig. 20.





Lith. Anst. v. C. Kirst Leipzig.





Lith. Anst. v. C. Kirst, Leipzig.

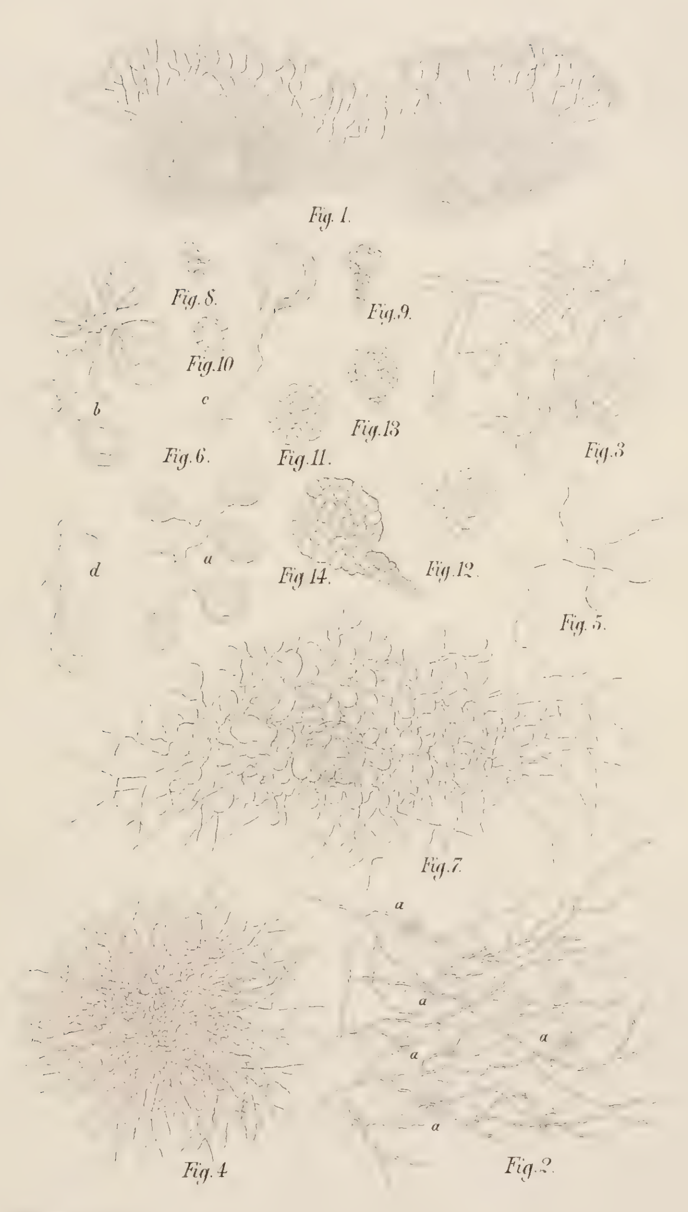




E. Eidam ad nat. del.

Lith. Anst. v. C. Kirst, Leipzig



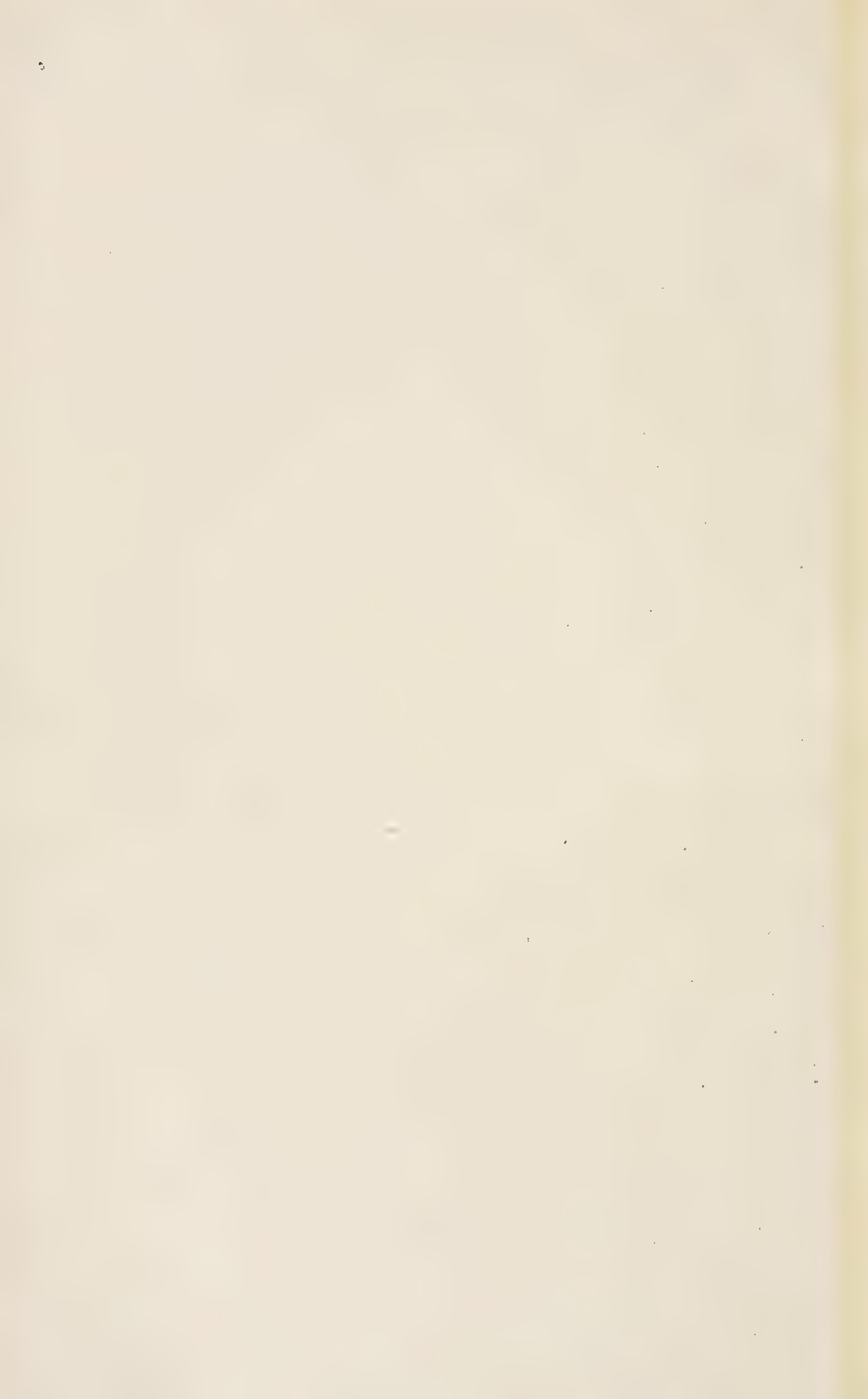


Lith. Anst. v C. Kirst, Leipzig.





Lith Anst v. C. Kirst, Leipzig.





E. Eidam ad nat. del. Lith. Anst. v. C. Kirst, Leipzig.







